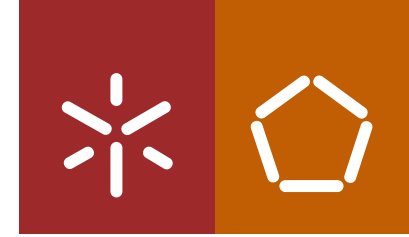




Adão Freitas Mendes

Projeto e Desenvolvimento de um Sistema de
Monitorização e Controlo para um Tear
Multiaxial

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Adão Freitas Mendes

Projeto e Desenvolvimento de um Sistema de Monitorização e Controlo para um Tear Multiaxial

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra

Co orientadores
Professor Doutor Luís Ferreira da Silva

DECLARAÇÃO

Nome: Adão Freitas Mendes

Correio electrónico: a48296@alunos.uminho.pt

Tel./Tlm.: 918644730

Número do Bilhete de Identidade:13248772

Título da dissertação:

Projeto e Desenvolvimento de um Sistema de Monitorização e Controlo para um Tear Multiaxial

Ano de conclusão: 2012/2013

Orientador(es): Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra; Professor Doutor Luís Ferreira da Silva

Designação do Mestrado:

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Área de Especialização: Manufatura

Escola: Universidade do Minho

Departamento: Departamendo Engenharia Mecânica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, 30/10/2013

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste projeto de dissertação de mestrado, pretendo aqui deixar um agradecimento. Entre eles, gostaria de destacar:

Os meus orientadores, Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra e Professor Doutor Luís Ferreira da Silva pela disponibilidade e orientação ao longo de todo o trabalho;

À empresa Pina & Maia e ao Sr. António Costa pela disponibilização para a realização do projeto de dissertação;

Aos companheiros e amigos, Bruno Fernandes, Gil Fangueiro, João Ferreira e José Ricardo por todo o apoio, motivação e boa disposição, indispensáveis à realização do presente projeto;

Para finalizar, e não menos importante, gostava de agradecer em especial aos meus pais, David Mendes e Lúcia Freitas, por todo o apoio e carinho prestados em todos os momentos.

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é projetar e desenvolver um sistema de monitorização e controlo de um protótipo de Tear Multiaxial e a medição das came conjugadas responsáveis pelos corretos movimentos do tear.

O Tear Multiaxial foi criado pelo Sr. António Costa o respetivo dono da empresa Pina & Maia. Na elaboração deste protótipo obteve a ajuda da Universidade do Minho no dimensionamento das came conjugadas, as principais responsáveis pelos movimentos realizados relativamente à inserção da trama, ao batimento do pente e liços. Relativamente à parte elétrica a máquina apenas está constituída por um alimentador de trama e um motor de indução trifásico ligado diretamente a um variador de frequência. Para ligar e desligar a máquina recorre-se diretamente ao variador.

Será abordado o estudo mecânico do tear onde será exemplificado como dimensionar as came conjugadas e como medir estas através de um instrumento de medição a laser (sem contato). Para efetuar a medição será necessário elaborar um suporte de fixação do elemento sensor para poder medir corretamente a came conjugada e o seu seguidor.

Para a monitorização e controlo do Tear Multiaxial é necessário conhecer os movimentos responsáveis pela produção do tecido. De uma forma geral o equipamento Multiweave (Weaving Machine for Producing Multiaxial Fabrics) origina o tecido corretamente se não houver quebra na teia, quebra de trama, quebra no tambor das diagonais e se as transferências do fio (diagonais) entre os parafusos de rosca quadrada forem corretamente efetuados.

A automatização desta máquina de uma forma geral consiste na deteção da quebra fio e na correta transferência do fio. Se a máquina estiver em funcionamento e detetar a quebra de um fio ou um posicionamento incorreto na transferência, esta entra no modo de paragem automática, ficando à espera de uma intervenção humana.

Toda a máquina será controlada através de um PLC (Programmable logic Controller), será criado um algoritmo de funcionamento em linguagem Ladder através do Cx-Programmer (software da OMRON) com o auxílio do computador. Os componentes a instalar no Tear Multiaxial serão todos abordados, onde é especificado o princípio de funcionamento, a programação a inserir no Cx-Programmer e numa fase posterior a ligação elétrica a efetuar.

Para a automatização da máquina será necessário ter em conta a sua segurança, tendo assim que criar um sistema de segurança de emergência para possíveis anomalias, a segurança do operário e a proteção do equipamento utilizado.

Por fim será apresentado o circuito elétrico do Tear Multiaxial, em que serão exibidas todas as ligações necessárias para o seu funcionamento, onde é exposto o quadro elétrico, a interface Homem-Máquina e um painel informativo da interface Homem-Máquina.

ABSTRACT

The main objective of this work is design and develop a monitoring and control system of a prototype machine with multiaxial weaving and the measurement of conjugate cams responsible for the correct movements of the weaving equipment.

The multiaxial weaving machine was created by Mr. António Costa the respective owner of the company Pina & Maia. In developing this prototype was received support from the University of Minho in the dimensioning of a conjugated cams, the main responsible for the movements made on the weft insertion, beating comb and healds. Regarding the electrical part the machine is just composed for an weft feeder, and a three phase induction motor connected directly to a frequency variable. To start and stop the machine is used directly the frequency variable.

Will be approached the study of the mechanical weaving machine which will be exemplified how to dimension a conjugated cams and how to measure these through a laser measuring instrument (without contact). To measure will be necessary to devise a mounting bracket for the sensor element can correctly measure the conjugate cam and its follower.

To monitor and control the multiaxial weaving machine is necessary to know the movements responsible for the production of tissue. In general the Multiweave equipment (Weaving Machine for Producing Multiaxial Fabrics) creates the tissue correctly if there is no break-web, break-weft, breaking the diagonal on the cylinder and the yarn transport (diagonals) between the shafts worms are made properly.

The automation of this machine generally consists in detection of break-yarn and the correct transport of yarn made. If the machine is in operation and detect the breaking of a yarn or an incorrect positioning in the transport, it enters in the stop automatic mode, waiting for human intervention.

All the equipment is controlled by a PLC (Programmable logic Controller), an algorithm of operation will be performed in Ladder language through Cx-Programmer (software from OMRON) with the support of the computer. The components to install the Multiaxial weaving equipment will all be addressed, where is specified the operating principle, the programming to insert in Cx-Programmer and at a later stage to make the electrical connection.

For the automation of the machine will need to have regard to its security, and thus to create a security system for possible anomalies emergency, the safety of workers and the protection of equipment used.

Finally the electric circuit of a multiaxial weaving machine is presented, where all connections necessary for your operation are displayed, where is exposed electrical box, the man-machine interface and an information panel of the Man-Machine interface.

ÍNDICE

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos do Trabalho.....	1
1.3 Contributos do Trabalho	2
1.4 Estrutura do Trabalho.....	2
Capítulo 2	5
Estado da arte.....	5
2.1 Tecelagem mecânica, nascimento e evolução.....	6
2.2 Estruturas têxteis	8
2.3 Tear Multiaxial.....	10
2.3.1 Estrutura do Tecido Multiaxial	11
2.3.2 Sistemas Mecânicos do Tear Multiaxial.....	12
2.3.3 Mecanismos Atuados por Cames	12
2.3.4 Pente com batimento duplo	12
2.3.5 Ciclo produção do tecido.....	13
Capítulo 3	15
Estudo mecânico do tear multiaxial.....	15
3.1 Funcionamento das cames conjugadas	15
3.2 Dimensionamento das cames conjugadas	17
3.2.1 Tipo de came.....	17
3.2.2 Dimensões básicas	18
3.2.3 Diagramas s-v-a-j.....	18
3.2.4 Tipo de movimento do seguidor	19
3.2.4.1 Curva de aceleração Sinusoidal Modificada	21
3.2.4.2 Came com seguidor de rolete oscilante	22
3.2.4.3 Ângulo de pressão do seguidor de rolete oscilante.....	23
3.2.4.4 Raio de curvatura	26

3.2.5 Determinação do perfil das cames conjugadas	26
3.2.5.1 Coordenadas para linha de centro do rolete	27
3.2.5.2 Coordenadas da superfície da came	29
3.2.5.3 Coordenadas para o corte da came.....	30
3.2.5.4 Contorno da segunda came conjugada.....	30
3.3 Perfil Teórico da came conjugada	31
3.4 Perfil teórico vs perfil real	32
3.4.1 Perfil teórico das Cames Conjugadas.....	32
3.4.2 Perfil teórico do seguidor oscilante	33
3.4.2.1 Medição do seguidor através do sensor Laser	34
3.5 Estrutura de Suporte do Laser	37
Capítulo 4	39
Monitorização e controlo do Tear Multiaxial	39
4.1 Movimento do veio principal	39
4.1.1 Encoder	39
4.1.2 Encoder absoluto	41
4.1.3 Estruturas de suporte do Encoder	44
4.1.4 Caraterísticas Encoder Absoluto	46
4.2 Deteção da transferência das Diagonais	47
4.2.1 Sensores capacitivos.....	48
4.2.2. Estrutura de Suporte	49
4.2.3. Caraterísticas do Sensor Capacitivo.....	50
4.3 Deteção das diagonais	50
4.3.1 Aro de Contacto	52
4.4 Deteção da trama	53
4.4.1 Falta de fio no Pré Alimentador da Trama.....	54
4.4.2 Sensor Piezoelétrico.....	56
4.4.3 Caraterísticas do Sensor Piezoelétrico	58

4.5 Detecção da teia	58
4.5.1 Estrutura de suporte das lamelas (quebra-teias)	59
4.5.2 Lamelas.....	60
4.6 Botoneiras	61
4.6.1 Start e Stop	62
4.6.2 Interruptor de pressão Amarelo com sinal Luminoso	62
4.6.3 Interruptor de pressão Azul	63
4.6.4 Emergência	64
4.7 Motor Elétrico	65
4.7.1 Ligação em triângulo e ligação em estrela	66
4.7.2 Placa de características e Bornes de ligação	66
4.8 Variador de Velocidade de Corrente Alternada (CA)	67
4.8.1 Variador Commander SK.....	67
4.8.2 Ligação do Variador de Velocidade ao Motor trifásico	68
4.8.3 Ligação do PLC ao Variador de Velocidade	69
4.8.4 Potenciômetro	70
4.8.5 Interruptor duplo para possível acionamento de velocidades predefinidas	71
4.9 Autómato Programável	72
4.9.1 Seleção do PLC	72
4.9.2 Fonte de alimentação.....	74
4.10 Programa de Funcionamento Ladder	74
Capítulo 5	83
Circuito Potência e Circuito de Comando	83
5.1 Circuito de potência	83
5.1.1 Corte geral.....	83
5.1.2 Disjuntor.....	84
5.1.3 Relé.....	85
5.1.4 Contactor.....	86
5.1.5 Fusíveis	87

5.1.6 Esquema Elétrico do Circuito de Potência.....	87
5.2 Circuito de Comando	88
5.2.1 Encoder	88
5.2.2 Aro de contacto.....	89
5.2.3 Sensor piezoelétrico	90
5.2.4 Sensor capacitivo.....	91
5.2.5 Pré alimentador da trama	91
5.2.6 PLC	92
5.3 Quadro Elétrico da Máquina	94
5.4 Interface Homem-Máquina	95
5.5 Painel Informativo da Interface Homem-Máquina	95
Capítulo 6	97
Conclusão e Trabalho Futuro	97
REFERÊNCIAS	99
ANEXO A - SUPORTE SENSOR.....	101
ANEXO B - ENCODER E ESTRUTURA DE SUPORTE.....	109
ANEXO C - SENSOR CAPACITIVO E ESTRUTURA DE SUPORTE.....	113
ANEXO D - ARO DE CONTACTO	117
ANEXO E - QUEBRA TEIAS E LAMELAS	122
ANEXO F - ESQUEMA ELÉTRICO	125
ANEXO G - INTERRUTOR DE CORTE GERAL	131
ANEXO H - DISJUNTOR.....	133
ANEXO I - QUADRO ELÉTRICO	135
ANEXO J - INTERFACE HOMEM-MÁQUINA	139
ANEXO K - PAINEL INFORMATIVO DA INTERFACE HOMEM-MÁQUINA	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Teares primitivos [1].....	6
Figura 2.2 – Primeiro tear mecânico [1].....	7
Figura 2.3 – Esquema de Métodos de Inserção da trama em tecelagem não convencional [1] ...	8
Figura 2.4 – Tipos de estruturas [3].....	9
Figura 2.5 – Tipos de Estruturas de Tecido [2]	10
Figura 2.6 – Estrutura do Tear Multiaxial [4]	11
Figura 2.7 – Pente do tear multiaxial [4].....	13
Figura 2.8 – Ciclo de produção do tecido no tear multiaxial	14
Figura 3.1 – Cames Conjugadas	16
Figura 3.2 – Modelo geométrico da came conjugada [6]	18
Figura 3.3 – Diagrama de deslocamentos [5].....	19
Figura 3.4 – Diagrama de aceleração das várias curvas de deslocamento [7]	20
Figura 3.5 – Velocidade, aceleração, impulso e ângulo de pressão dos diferentes métodos [6]	20
Figura 3.6 – Combinação de duas curvas sinusoidais [7]	21
Figura 3.7 – Came com seguidor de rolete oscilante [5].....	23
Figura 3.8 – Ângulo de pressão do seguidor de rolete oscilante [7].....	24
Figura 3.9 – Representação da posição inicial da came.....	27
Figura 3.10 – Geometria do cálculo do contorno da came a partir da linha central do rolete [7]	28
Figura 3.11 – Geometria do cálculo do contorno da came com seguidor oscilante de rolete [7]	29
Figura 3.12 – Perfil teórico das cames conjugadas [6]	31
Figura 3.13 – Gráficos do deslocamento radial (teórico) das cames conjugadas	32
Figura 3.14 – Ângulo de oscilação do seguidor	33
Figura 3.15 – Representação geométrica da medição do seguidor através do sensor laser	34
Figura 3.16 – Exemplo de como colocar o feixe Laser do sensor.....	35
Figura 3.17 – Oscilação do seguidor	36
Figura 3.18 – Perfil teórico a obter do sensor laser	36
Figura 3.19 – Estrutura de suporte do sensor laser.....	37
Figura 3.20 – Nova estrutura de suporte do sensor laser.....	38
Figura 4.1 – Movimento de transferência do fio das diagonais.....	40
Figura 4.2 – Inserção da trama.....	41
Figura 4.3 – Princípio de funcionamento do Encoder Absoluto [9].....	41

Figura 4.4 – Codificação no disco código gray e binário [9].....	43
Figura 4.5 – Acessório de fixação flexível (OMRON E69-C08B) [10]	44
Figura 4.6 – Movimento do veio principal.....	44
Figura 4.7 – Elemento de Fixação entre Encoder – Máquina	45
Figura 4.8 – Junção dos componentes de fixação do Encoder	45
Figura 4.9 – Encoder Absoluto Omron [10]	46
Figura 4.10 – Sensor Capacitivo Principio de Funcionamento [11]	48
Figura 4.11 – Variação da oscilação face à presença do objeto [12]	49
Figura 4.12 – Estrutura de suporte do sensor capacitivo	49
Figura 4.13 – Tambor rotativo das Diagonais.....	51
Figura 4.14 – Visualização do mecanismo tensor com quebra de fio	52
Figura 4.15 – Aro de Contacto.....	53
Figura 4.16 – Alimentador da Trama [14]	53
Figura 4.17 – Caixa de controlo (parte interior)	55
Figura 4.18 – Caixa de controlo, terminais de ligação.....	56
Figura 4.19 – Materiais Piezoelétricos [15]	57
Figura 4.20 – Formação do Sensor piezoelétrico pela aplicação de elétrodos [16]	57
Figura 4.21 – Sensor Eltex [17]	58
Figura 4.22 – Exemplo de um quebra-teias [18]	59
Figura 4.23 – Local para aplicar o Quebra-Teias	59
Figura 4.24 – KFW 5600 [18].....	60
Figura 4.25 – Tipos de Lamelas [18]	61
Figura 4.26 – Mecanismo Quebra-Teias [18]	61
Figura 4.27 – Start e Stop [10]	62
Figura 4.28 – Interruptor de pressão amarelo com sinal luminoso [10]	63
Figura 4.29 – Caixa de Proteção de 3 Furos [10]	63
Figura 4.30 – Interruptor de Pressão Azul [10].....	64
Figura 4.31 – Interruptor de Emergência e caixa de Proteção [10]	65
Figura 4.32 – Ligação em estrela e ligação em triângulo [19]	66
Figura 4.33 – Propriedades do motor de indução trifásico	67
Figura 4.34 – Princípio de funcionamento de um Variador de velocidade de corrente alternada	67
Figura 4.35 – Variador de Velocidade Commander SK [20]	68

Figura 4.36 – Saída de avaria do variador [20].....	68
Figura 4.37 – Ligação dos terminais de Potência [20]	69
Figura 4.38 – Configuração AV.Pr [20].....	69
Figura 4.39 – Potenciômetro [21]	71
Figura 4.40 – Interruptor duplo [22]	72
Figura 4.41 – PLC Omron (CP1E-E40DR-A) [10]	73
Figura 4.42 – Fonte de Alimentação (S8VK-G06024) [10]	74
Figura 4.43 – Programação ladder do encoder absoluto (10 entradas)	76
Figura 4.44 – Entradas para ativar/desativar o funcionamento do tear	77
Figura 4.45 – Temporizador para o sensor piezoelétrico.....	78
Figura 4.46 – Paragens provocadas por anomalia.....	78
Figura 4.47 – Implementação da posição do encoder num sentido de rotação	79
Figura 4.48 – Sidas luminosas de funcionamento e deteção de anomalias.....	80
Figura 4.49 – Saídas de 24 VCC	81
Figura 5.1 – Interruptor de corte geral rotativo [23].....	84
Figura 5.2 – Tipo de curvas de disparo dos disjuntores	84
Figura 5.3 – Disjuntor [24]	85
Figura 5.4 – Relé [10]	86
Figura 5.5 – Contactor [23]	87
Figura 5.6 – Esquema elétrico do circuito de potência.....	88
Figura 5.7 – Esquema de ligação do encoder ao PLC.....	89
Figura 5.8 – Esquema de ligação do aro de contacto	90
Figura 5.9 – Esquema de ligação do sensor Piezoelétrico.....	90
Figura 5.10 – Esquema de ligação dos sensores capacitivos	91
Figura 5.11 – Esquema de ligação do pré alimentador da trama	91
Figura 5.12 – Ligação dos sinais das entradas e saídas a conectar ao PLC	92
Figura 5.13 – Esquema de ligação da alimentação das entradas (restantes).....	93
Figura 5.14 – Esquema de ligação da alimentação das saídas do PLC	93
Figura 5.15 – Quadro Elétrico da Máquina	94
Figura 5.16 – Interface Homem-Máquina.....	95
Figura 5.17 – Painel Informativo da Interface Homem-Máquina.....	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-A – Estruturas têxteis convencionais [2].	9
Tabela 4-A – Códigos de saída [10]	42
Tabela 4-B – Características do Sensor capacitivo [13]	50
Tabela 4-C – Referência selecionada	70
Tabela 4-D – Áreas de Memória para as Entradas/Saídas [10]	75

NOMENCLATURA

Sigla ou Abreviatura

Designação

PLC	Controlador Lógico Programável (Programmable Logic Controller)
PVDF	poli (fluoreto de vinilo)
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
PNP	Positivo Negativo Positivo
NPN	Negativo Positivo Negativo
CC	Corrente continua
CA	Corrente alternada
CIR	Centro instantâneo de rotação
M.I.E.M.	Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
C.N.C	Comando Numérico Computorizado
U.M	Universidade do Minho

GLOSSÁRIO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Designação
s	Deslocamento
a	Aceleração
v	Velocidade
j	Impulso
h	Deslocamento máximo do seguidor (mm)
D_b	Diâmetro de base
D_r	Diâmetro do rolete
ρ	Raio de curvatura
ρ_c	Raio de curvatura da superfície da came
θ	Ângulo de rotação da came
β	Ângulo de rotação da came a que corresponde a máxima elevação do seguidor
ϕ	Ângulo de pressão
δ	Deslocamento angular do seguidor
l	Comprimento do braço do seguidor
b	Distância entre o centro do rolete e do pivô de rotação dos braços
c	Distância entre o centro de rotação da came e o pivô.
x_f	Coordenadas cartesianas do centro do rolete em x
y_f	Coordenadas cartesianas do centro do rolete em y
r_f	Coordenadas polares do centro do rolete
r_s	Coordenadas polares do ponto de contacto
x_s	Coordenadas cartesianas do perfil da came em x
y_s	Coordenadas cartesianas do perfil da came em y
λ	Ângulo (ver figuras)
γ	Ângulo entre o eixo do xx e a linha normal ao pivot o seguidor
σ	Ângulo formado entre a linha normal ao ponto de contacto a passar no centro do rolete e o eixo do xx
ψ	Ângulo formado entre a linha normal ao ponto de contacto a passar no centro de rotação da came e o eixo do xx.

S_{\max}	Deslocamento máximo do seguidor angular (radianos)
N_{NM}	Velocidade nominal do motor
N_{SM}	Velocidade de sincronismo do motor
S_N	Deslizamento nominal

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O Tear Multiaxial foi patenteado em 2007 pela Empresa Pina & Maia (situada em Guimarães). A elaboração deste protótipo teve a colaboração do professor Doutor Mário Lima da Universidade do Minho. Na atualidade o protótipo foi ampliado e é pretendido criar um sistema de monitorização e controlo do Tear Multiaxial.

O Tear Multiaxial tem uma estrutura de tecido diferente da estrutura normal dos teares, esta estrutura permite uma maior resistência orientada em quatro direções, sendo estas a teia, a trama e as diagonais (obliquas 45° e -45°), enquanto que, uma estrutura normal de tecido apresenta apenas duas direções (teia e trama). Esta estrutura poderá ser utilizada em diversas áreas tais como: materiais compósitos (rígidos e flexíveis) para a indústria automóvel e aeronáutica, cascos de iates e outros barcos de porte pequeno a médio, geotêxteis, coberturas especiais para aplicações de arquitetura, instrumentos de desporto, tendas, entre outras. A vertente de adicionar resinas ou de sobreposição de camadas à estrutura multiaxial pode também ser averiguada.

Este equipamento está repleto de sistemas mecânicos tendo assim, todo o interesse em compreender como estes funcionam, para projetar e desenvolver a melhor solução a implementar no sistema de monitorização e controlo do Tear Multiaxial.

1.2 Objetivos do Trabalho

Esta dissertação tem como objetivo principal a projeção e desenvolvimento de um sistema de Monitorização e controlo para um Tear Multiaxial. Esta projeção engloba conhecer os mecanismos de acionamento principais do Tear Multiaxial para numa fase posterior recorrer à automatização de parte destes.

Deste modo, esta dissertação requer a solução dos possíveis defeitos de fabrico que o tear apresenta relativamente à produção do tecido. Os problemas terão que ser identificados e terá que ser averiguada qual a melhor solução dada a anomalia encontrada, desenvolvendo assim um projeto para a monitorização e controlo do Tear Multiaxial.

A realização deste tema de dissertação tem os seguintes objetivos:

- Medição de um sistema de cames conjugadas e o respetivo seguidor.
- Elaboração de um sistema de fixação para o medidor de distâncias laser.
- Dimensionamento do sistema came-seguidor
- Aplicação de um encoder para determinar a posição do motor do respetivo tear.
- Estudo dos vários sistemas para implementar a deteção da quebra de fio do tear.
- Esquema elétrico do tear
- Projeção do quadro elétrico

1.3 Contributos do Trabalho

Neste trabalho foi efetuado um projeto que consiste em automatizar o tear, isto é, implementar um sistema que permite o funcionamento automático do Tear Multiaxial sem a produção de defeito no tecido.

Este trabalho contribui para:

- Por em prática os conhecimentos obtidos durante o curso.
- Modelar estruturas de suporte para os sensores e o encoder
- Projetar um aro de contacto para a deteção de quebra de fio nas diagonais
- Selecionar face à atualidade os componentes mais adequados para a implementação no tear.
- Elaborar um programa para controlar todos os componentes inseridos.
- Criação de esquemas de ligações a efetuar para todos os componentes inseridos.
- Modelar o Quadro Elétrico e a Estrutura da Interface Homem-Máquina.
- Melhorar o conhecimento a nível da automação.
- Melhorar o conhecimento sobre o dimensionamento de cames.

O presente trabalho engloba vários componentes a implementar e a necessidade de compreender como aplicar estes, quer a nível mecânico (movimentos a controlar) quer a nível elétrico (ligações a efetuar).

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura do trabalho apresenta cinco capítulos. O segundo capítulo inicia com o Estado da Arte em que é elaborada uma introdução à história dos equipamentos de tecer, onde são apresentadas as várias estruturas dos tecidos. De seguida, é abordado o Tear Multiaxial e é apresentada a estrutura do tecido multiaxial. De uma forma geral são referidos os elementos

constituintes do tear multiaxial, onde são abordados os movimentos fundamentais para ciclo de funcionamento deste.

O terceiro capítulo aborda o estudo mecânico do Tear Multiaxial que estará direcionado para as cames conjugadas relativas à inserção da trama. Neste capítulo será indicado o dimensionamento das cames conjugadas. O interesse no dimensionamento é relativo à medição que se pretende efetuar com um sensor laser às cames, para obter o ângulo referente ao movimento de inserção da trama, podendo controlar este movimento através de sensores e encoder.

O quarto capítulo é referente à monitorização e controlo do tear multiaxial. Neste capítulo são apresentadas as soluções para o funcionamento do Tear Multiaxial sem a produção de defeito. Serão exibidos todos os componentes a inserir no tear (emergência, encoder, sensores, botoneiras, PLC...). Tendo os componentes escolhidos é elaborado um programa de funcionamento. O programa elaborado será devidamente apresentado.

O último capítulo é relativo ao circuito elétrico. O circuito elétrico está dividido em circuito potência e circuito de comando. Neste capítulo serão expostas as ligações a efetuar para o circuito de potência e comando. Por fim é apresentado o quadro elétrico, a interface homem-Máquina e o painel informativo da interface homem-máquina.

Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

A tecelagem é o processo pela qual se produzem os tecidos. A tecelagem nasce pelo cruzamento em ângulos retos de dois sistemas de fios paralelos designando-se por teia e trama. Os tecidos são produzidos pelo cruzamento da teia e trama usando como dispositivo o tear, ou a máquina de tecer.

A teia é o sistema dos fios paralelos ao comprimento do tecido como ele é produzido. A trama é o sistema dos fios paralelos à largura do tecido. Os fios da trama são cruzados um a um com os fios da teia que se encontram precedentemente dispostos no tear. A maneira como se faz este cruzamento tem a denominação de ponto. Tecer é portanto executar os movimentos necessários para realizar o ponto e assim produzir o tecido.

Os movimentos fundamentais para qualquer tipo de tecelagem são três, podendo estes ser em forma primitiva ou automática [1]:

- Dividir os fios da teia em duas zonas, uma superior e uma inferior. O espaço formado entre estas duas zonas denomina-se de “cala”. Do modo como resulta essa divisão obtém-se o ponto;
- Introduzir na cala um (ou mais que um) fio de trama, obtendo-se a “passagem”;
- Encostar essa passagem ao tecido já produzido.

O tear mais antigo (5000 anos a.C.), face às investigações pode localizar-se na Mesopotâmia e no Egito, contendo assim a teia no sentido horizontal fixa ao solo por meio de paus e sem órgão de enrolamento [1].

Na China desenvolveu-se a cultura da seda que foi durante séculos base de uma economia muito importante, em que, o bicho da seda (Bombyx) era considerada um segredo nacional. O tear de liços e mais tarde laços (1700 a.C) são considerados inventos chineses.

Os teares manuais classificam-se em verticais ou horizontais conforme a posição da teia. Esta classificação só diz respeito à teia e não refere aspetos quanto ao tipo de abertura da cala, à inserção da trama, ao encosto das passagens do tecido já fabricado, entre outras.

Contudo, Agnes Geiger propõe sete tipos básicos de teares [1]

1. Tear primitivo dos indianos, a cala é feita por meias laçadas presas a um pau.
2. Tear de teia vertical fixa para tapeçarias

3. Tear de linho de Egipto, colocado no chão, sendo a contra cala feita por um pau levantado por duas pessoas
4. Tear de teia tubular, em espiral, podendo ser vertical ou horizontal
5. Tear vertical com pesos na Teia. Tece-se de cima para baixo, ficando o tecido na parte superior.
6. Tear horizontal de liços (é o nosso vulgar tear de pedais)
7. Tear indiano de algodão semelhante ao tear primitivo de seda Chinês. O tecedor trabalha sentado e tem pedais e liços, os pedais ficam num buraco escavado no chão.

Na Figura 2.1 estão representados dois teares primitivos, do lado esquerdo tem-se um tear vertical de pesos em que o tecido é feito de baixo para cima, proveniente da Asia Menor, do lado direito tem-se o tear tradicional português em que este apresenta um rolo de teia, dois liços e duas pianhas.

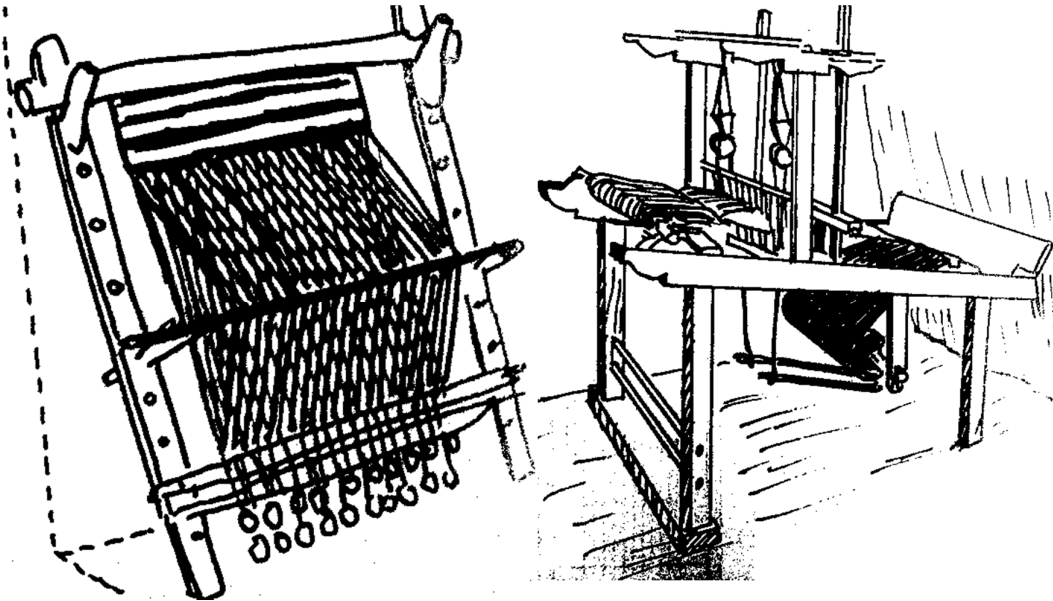


Figura 2.1 – Teares primitivos [1]

2.1 Tecelagem mecânica, nascimento e evolução.

A tecelagem mecânica consiste na produção de tecidos em máquinas, cuja força motriz não provem do esforço direto do homem, é proveniente do esforço dos braços e das pernas para acionar as diferentes partes do tear.

No século XVII os esquemas de Leonardo da Vinci (sem resultados práticos) juntamente com Bouchou, Falcon e Vaucanson fizeram a tentativa de mecanização do tear chinês de lacetes (1200 a.C.). Jacquard, nascido em 1752, foi o inventor decisivo para a construção de uma

máquina em que os fios que fazem levantamentos iguais e constituem uma “arcada”, estão ligados a uma agulha vertical em que esta, articula-se como uma agulha horizontal. A agulha é comandada por um sistema de cartões perfurados (um cartão corresponde a uma cala e a perfuração corresponde ao levantamento da arcada). Os cartões são necessários tantos quantos as “passagens” do desenho. O movimento da “grifa” que levanta as arcadas e a apresentação dos cartões perfurados às agulhas é operado pelo acionamento de um pedal [1].

Em 1733 John Kay Burgoyne, criou a invenção da lançadeira voadora. Esta lançadeira transporta a trama e deixa atrás de si uma passagem, no seu voo de uma caixa para outra.

O primeiro tear completamente mecânico (Figura 2.2) foi criado por Edmund Cartwright, este tear era vertical e foi datado em 1785 [1].

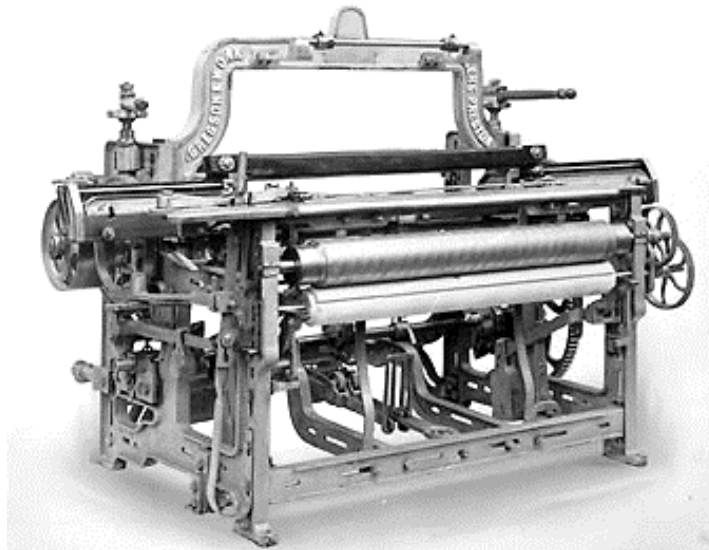


Figura 2.2 – Primeiro tear mecânico [1]

Relativamente à tecelagem não convencional, usando métodos de inserção da trama sem o uso da lançadeira pode ser sistematizado o seguinte esquema da Figura 2.3.

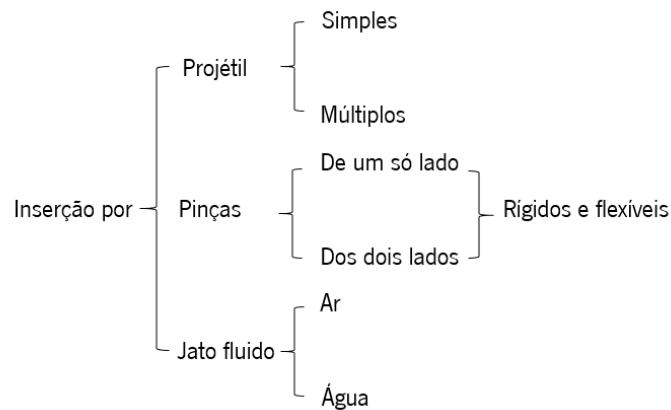


Figura 2.3 – Esquema de Métodos de Inserção da trama em tecelagem não convencional [1]

Em 1929 H.Ballos criou a patente para inserção através da pneumática (jato de ar), foi criado um tubo de sucção para aspirar a ponta da passagem.

O desenvolvimento do tear Sulzer, iniciou na Suíça em 1933 com Rudolf Rossman trabalhador na empresa Tefag. Esta empresa foi vendida à Sulzer em 1942, em que, com os engenheiros Erwin Pfarrwaller e Albert Moessinger os vários problemas técnicos foram resolvidos com sucesso. A versatilidade destes teares é muito ampla podendo ter varias formas, larguras e aplicações, tecidos grossos e pesados até aos tecidos penteados de lã com varias cores de trama e debuxos grandes, passando pelos tecidos de algodão para lençol e mistos com fibras não naturais [1].

2.2 Estruturas têxteis

As estruturas têxteis convencionais são produzidas por técnicas de tecelagem, tricotagem, entrançamento, ou não tecidos. A forma como os fios são orientados juntamente com a técnica usada para a sua formação podem ser visualizadas na Tabela 2-A.

Tabela 2-A – Estruturas têxteis convencionais [2].

	Direcção de introdução dos fios	Técnica de formação
Entrançamento	Uma (Direcção da máquina)	Interligamento (Posição de deslocamento)
Tecelagem	Duas (0° - trama e 90° - teia)	Cruzamentos (Por inserção dos fios a 90° nos fios a 0°)
Não-Tecidos	Três ou mais (não-tecidos ortogonais)	Deslocamento de fibras
Malhas	Uma (Teia ou trama)	Entrelaçamento (por formação de laçadas sobre laçadas)

A configuração das estruturas têxteis convencionais está apresentada na Figura 2.4 onde é possível visualizar que estas estruturas divergem muito umas das outras devido às diferentes formas de fabricar o tecido (equipamento mecânico diferente).

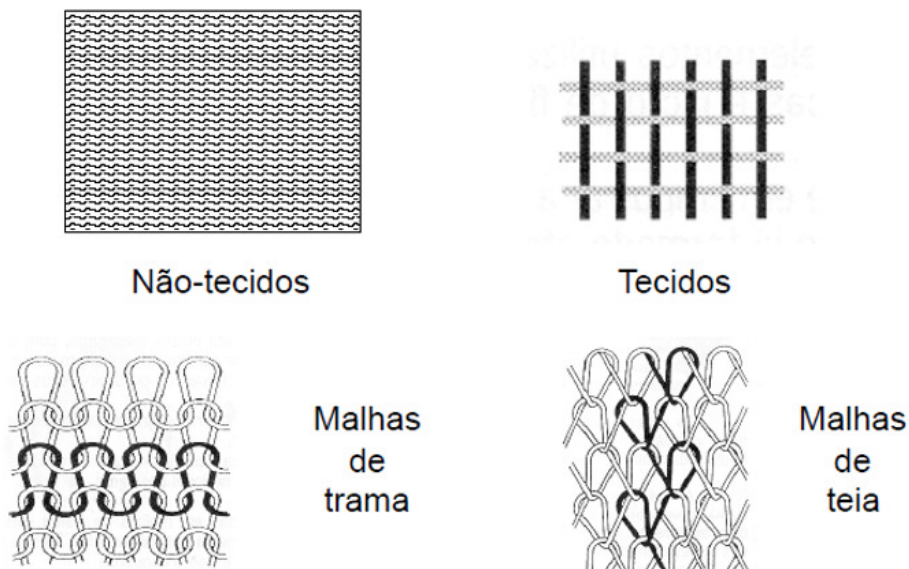


Figura 2.4 – Tipos de estruturas [3]

A orientação das estruturas (Figura 2.5) está relacionada com o número de fios e a orientação dos fios, por sua vez, esta orientação também está relacionada com a robustez do tecido. De notar que a cada estrutura apenas está relacionado um equipamento de tecer.








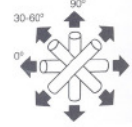
Estruturas Monoaxiais	Estruturas Biaxiais	Estruturas Triaxiais	Estruturas multiaxiais
			
Com reforço à teia	Com reforço à teia e trama	Com reforço à teia e diagonais	
			
Com reforço à trama	Com reforço nas direcções diagonais	Com reforço à trama e diagonais	

Figura 2.5 – Tipos de Estruturas de Tecido [2]

2.3 Tear Multiaxial

O Tear Multiaxial é uma máquina capaz de produzir tecidos cujos fios têm quatro orientações distintas sendo estas a teia, a trama e as diagonais. Estes tecidos quando comparados com os tecidos convencionais, diferem devido à adição de dois novos fios oblíquos que estão entrelaçados entre a teia e a trama, fazendo com estes um ângulo de 45° e -45° . A inserção de um novo par de fios tem como objetivo melhorar a isotropia do tecido, isto é, tornar as propriedades mecânicas independentes da direção de aplicação da força, ficando assim uma estrutura de tecido com maior robustez, no sentido de ser possível resistir a uma maior tração aplicada em qualquer direção.

Este tecido multiaxial foi concebido para ser utilizado em diversos produtos, tais como:

- Têxteis técnicos, tais como compósitos para a indústria automóvel e aeronáutica, velas, cascos de embarcações de recreio, lonas, tendas e todos os materiais que atualmente se obtêm por sobreposição de camadas de tecidos com diferentes orientações.
- Vestuário projetado para não se rasgar, com uma textura original e facilmente moldável. Embora este tipo de tecido não esteja projetado para vestuário convencional pode ter um grande impacto em diversos artigos, tais como vestuário militar, de proteção e desportivo.

2.3.1 Estrutura do Tecido Multiaxial

O tecido multiaxial obtido pelo Tear tem uma estrutura que possui quatro direções diferentes, podendo estas ser visualizadas na Figura 2.6. A cor azul diz respeito à teia (sentido longitudinal), a verde representa a trama (sentido transversal) e a cor vermelha são as diagonais em $+45^\circ$ e -45° , criando assim uma estrutura de resistência mecânica semelhante nas várias direções.

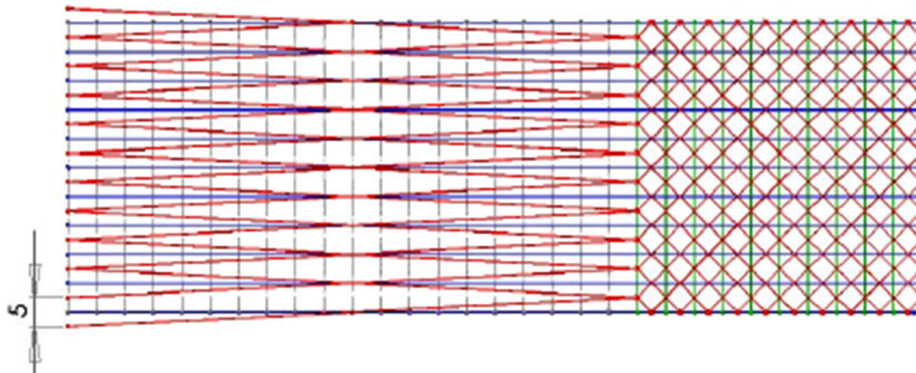


Figura 2.6 – Estrutura do Tear Multiaxial [4]

As principais vantagens da estrutura do tecido Multiaxial são:

- Grande resistência à tração, sendo esta mais uniforme em todas as direções;
- O nível de isotropia das propriedades mecânicas do tecido, pode ser ajustado para os vários tipos de fio para uma posterior produção;
- Grande resistência ao corte, dado que é uma específica das estruturas biaxiais, sendo essencialmente melhorada pela introdução dos fios diagonais;
- Os fios das diagonais aumentam a estabilidade dimensional do tecido.

As Desvantagens do Tecido Multiaxial

- O uso do tecido multiaxial como reforço em materiais compósitos requer que este seja impregnado com resina termoendurecível. Como o tecido é ondulado devido à conjugação de fibras com quatro orientações distintas, quando este é tracionado, a resina tende a fissurar.
- Devido à complexidade existente no transporte de fio em várias direções e no movimento de “arrasto” provocado pela batida do pente e abertura da cala os fios não torcidos têm tendência a fissurar na sua periferia.

2.3.2 Sistemas Mecânicos do Tear Multiaxial

O tear multiaxial está repleto de sistemas mecânicos, estes podem ser divididos da seguinte forma:

- Sistema de alimentação dos fios das diagonais;
- Mecanismo para a inserção/cruzamento das diagonais;
- Sistema de alimentação e inserção da teia;
- Sistema de formação da cala (liço);
- Sistema de inserção da trama;
- Pente de batimento (2 batimentos);
- Sistema de extração do tecido produzido (enrolamento numa bobine).

2.3.3 Mecanismos Atuados por Cames

Os mecanismos acionados por cames controlam os seguintes fatores:

- Sistema de inserção da trama;
- Sistema do pente (batimento);
- Movimento do liço;
- Mecanismo de transferência dos fios das diagonais dos parafusos de rosca quadrada quando estes chegam às extremidades do parafuso.

2.3.4 Pente com batimento duplo

O tear multiaxial, quando comparado a um tear comum apresenta fios nas diagonais. Ao contrário de um tear convencional, o pente tem de ser aberto, pois este tem que sair da área de formação de tecido durante o intervalo de tempo em que se efetua a inserção da trama.

Devido à complexidade das diagonais é necessário o pente execute duas batidas em vez de uma. O primeiro batimento é chamado de falso batimento pois aquando a subida dos fios da teia, estes ficam entrelaçados com os fios das diagonais, impedindo a formação da cala, sendo necessário desimpedi-la através deste mesmo avanço do pente. O segundo batimento é o mesmo que nos teares comuns, isto é, depois de inserir a trama é necessário comprimir o tecido.

Na Figura 2.7 encontra-se o pente de batimento do tear multiaxial onde é possível visualizar que o acionamento deste é obtido através das cames conjugadas.

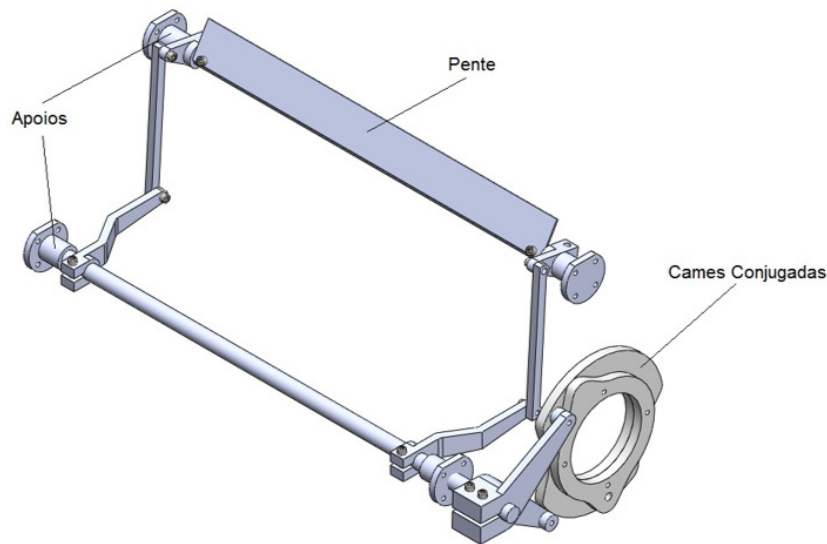


Figura 2.7 – Pente do tear multiaxial [4]

2.3.5 Ciclo produção do tecido

Para a produção de tecido, dada uma volta do veio principal é efetuado o ciclo de produção presente na Figura 2.8. Quando o veio principal roda aciona o tambor rotativo com uma relação desmultiplicada. Devido à rotação do tambor (fios das diagonais encontram-se dispostos em círculo) é necessário efetuar a transferência do fio das diagonais através dos parafusos de rosca quadrada. Cada volta dos parafusos de rosca quadrada (um parafuso com movimento inverso do outro) implica a transferência dos 2 fios que se encontram nas extremidades, nesta fase o pente e o liço encontram-se recolhidos.

O segundo passo é o movimento de subida do liço em que a teia é interlaçada com os fios oblíquos, neste momento, a interseção dos fios das diagonais com a teia encontram-se próximas dos parafusos de rosca quadrada logo a cala é muito pequena. Devido à cala estar pequena é necessário um falso batimento do pente onde o acionamento deste provoca a abertura da cala.

A cala estando aberta é iniciado o movimento de inserção da trama. A trama é inserida linha à linha através de uma pinça. O fio nunca se separa da pinça a não ser que quebre. Quando a pinça acaba de fazer o avanço é necessário segurar o fio nesse ponto, para esta recuar sem levar novamente o fio com ela.

O último passo é a descida do liço, após o liço descer, a teia é entrelaçada com a trama, e a cala é fechada. Este passo é efetuado em conjunto com o batimento do pente.

No fim de cada ciclo o rolo de extração enrola o tecido produzido. À medida que o tecido vai sendo produzido o diâmetro do rolo aumenta, se a velocidade de rotação do rolo fosse

constante a velocidade do tecido aumentava devido ao raio do rolo aumentar. Para manter a velocidade de extração do tecido constante, encontra-se acoplado ao rolo uma embraiagem que permite tornar constante o comprimento de tecido enrolado em cada passo do motor.

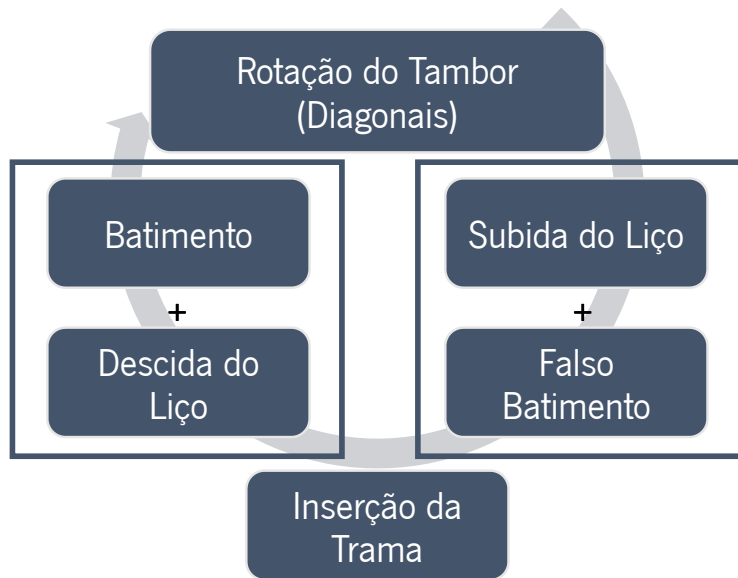


Figura 2.8 – Ciclo de produção do tecido no tear multiaxial.

Capítulo 3

ESTUDO MECÂNICO DO TEAR MULTIAXIAL

O tear multiaxial está repleto de sistemas mecânicos, para a automatização do tear é necessário conhecer a mecânica responsável pela transferência das diagonais e pela inserção da trama, sendo ambos acionados por cames. Na transferência das diagonais trata-se de uma came comum em que o seguidor está fixo a uma barra na sua extremidade. Esta barra por sua vez está fixa na sua parte central, apresentando um CIR (Centro Instantâneo de Rotação). Quando a came aciona o seguidor, no movimento de subida, a barra levanta numa extremidade e desce na outra extremidade na mesma proporção, fazendo desta maneira a transferência de fio das diagonais.

A inserção da trama é efetuada por cames conjugadas, estas foram dimensionadas na Universidade do Minho por um aluno de Engenharia Mecânica, em que foi criado um programa em Matlab para desenhar o perfil das cames conjugadas.

O objetivo deste capítulo era efetuar a medição das cames conjugadas através de um sensor laser com uma estrutura de suporte. Estas medições já tinham sido efetuadas por um grupo de Integradora (M.I.E.M), mas apresentavam medições incorretas, devido a anomalias presentes no circuito do sensor Laser (ruídos, possíveis vibrações). Resolvido o problema do sensor foram efetuadas novas medições mas a máquina tinha muito pouco fio. Devido ao pouco fio houve falta de tensionamento, o que provocou um incorreto funcionamento da máquina, não sendo desta forma possível retirar as medições da came conjugada.

Neste capítulo será abordado o dimensionamento das cames conjugadas para numa fase posterior comparar os valores das cames conjugadas (valores teóricos) com os valores obtidos pelo laser (valores reais).

3.1 Funcionamento das cames conjugadas

As cames (ou excêntricos) são acessórios mecânicos destinados a transformar rotações em movimentos retilíneos ou em outras rotações com amplitudes normalmente limitadas, sendo que, através de contacto direto, conduzem ou obrigam um determinado movimento a um outro elemento, designado como seguidor. Normalmente para cada came existe um seguidor, cabe a este executar um movimento de subida, de estacionamento e de descida. Quando se pretendem

movimentos de descida rápidos é necessário recorrer a sistemas de molas ou de pressão hidráulica.

No caso do tear em estudo, as cames usadas são do tipo conjugadas (Figura 3.1), estas comparativamente com os sistemas normais de cames, para efetuar o mesmo movimento é necessário uma dupla-came e um seguidor com duplo rolete (seguidor com dois roletes). As cames conjugadas apresentam tamanhos diferentes, na qual, uma came é responsável pela subida e a outra pela descida, são concebidas para executar o mesmo movimento final onde cada came tem um rolete. Com este sistema deixa de ser necessário o uso de molas para o retorno do seguidor, pois quando uma came se encontra na subida obrigatoriamente a outra encontra-se na descida devido aos roletes estarem fixos ao seguidor. As cames conjugadas são as responsáveis pela correta inserção da trama conciliando ao mesmo tempo o batimento do pente e os liços do tear multiaxial, sendo que, um incorreto dimensionamento impossibilita a funcionalidade deste equipamento multiaxial. De uma forma geral, com as cames conjugadas é possível retirar melhor partido nas altas velocidades, acelerações e impulsos, quando estas se encontram devidamente dimensionadas e com grande precisão no fabrico CNC.

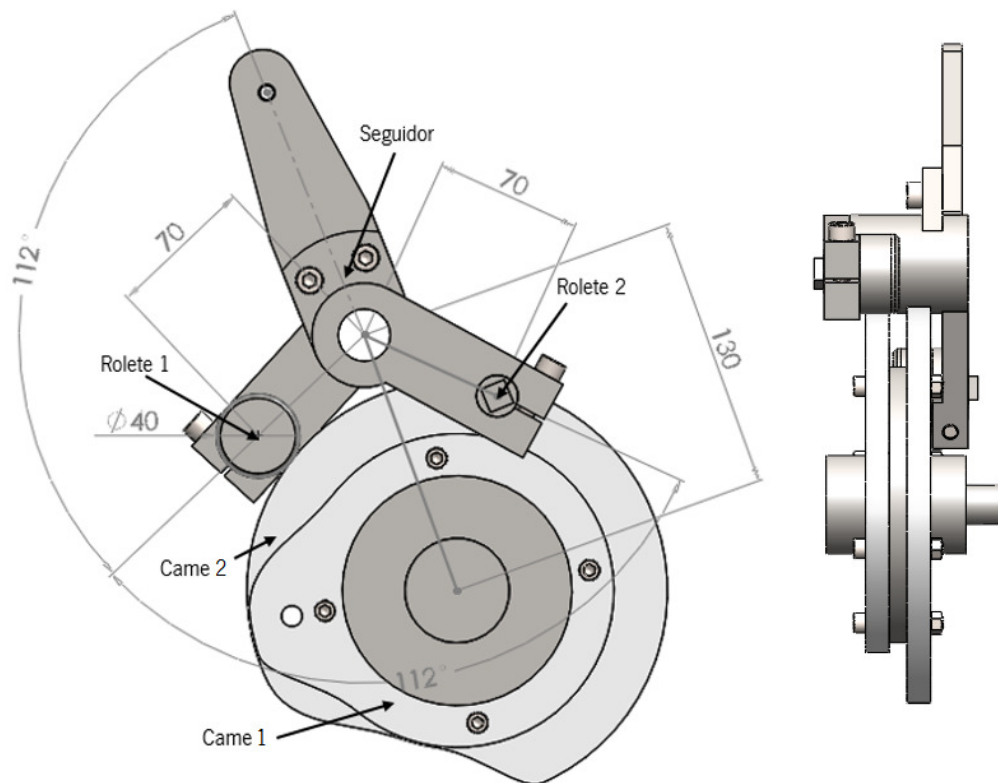


Figura 3.1 – Cames Conjugadas

3.2 Dimensionamento das cames conjugadas

Para a realização do desenho do mecanismo da came é necessário ter em conta os seguintes passos:

- Definição do tipo de came
- Estabelecimento das dimensões básicas
- Criação dos diagramas s-v-a-j (deslocamento, velocidade, aceleração e impulso)
- Seleção do tipo de movimento do seguidor
- Determinação do perfil da came
- Análise dinâmica

3.2.1 Tipo de came

No tear multiaxial é necessário garantir o contacto permanente entre a came e o seguidor, o que exclui seguidores com retorno por mola, pois em altas velocidades a mola pode não ter resposta para garantir o contacto entre o seguidor e a came. A inserção da trama tem que garantir o retorno com o seguidor acoplado à came, se a pinça de inserção da trama não obtiver o movimento pretendido (atrasos no retorno), no seu retorno provoca danos em outras partes móveis da máquina, originando a destruição de vários componentes da máquina.

As cames podem ser classificadas em três grandes grupos, estando designados por cames lineares, cames de disco ou cames cilíndricas.

Os seguidores podem ser classificados segundo dois grupos, sendo o primeiro o deslocamento e o segundo o tipo de seguidor [5].

Quanto ao seu deslocamento:

- Lineares ou de translação
- Angulares ou oscilantes

Quanto ao tipo de seguidor:

- De faca
- De rolete
- De prato

Para cumprir os requisitos necessários foram escolhidas as cames conjugadas com seguidor oscilante de roletes.

3.2.2 Dimensões básicas

O modelo geométrico da came conjugada encontra-se representado na Figura 3.2. Os parâmetros do modelo geométrico estão denominados por:

D_b – Diâmetro da came base

D_r – Diâmetro do rolete

c – distância do centro da came ao centro do seguidor

β – Ângulo entre os braços do seguidor

l – Comprimento dos braços do seguidor

x_b, y_b – Coordenadas (x,y) do centro da came ao centro do seguidor

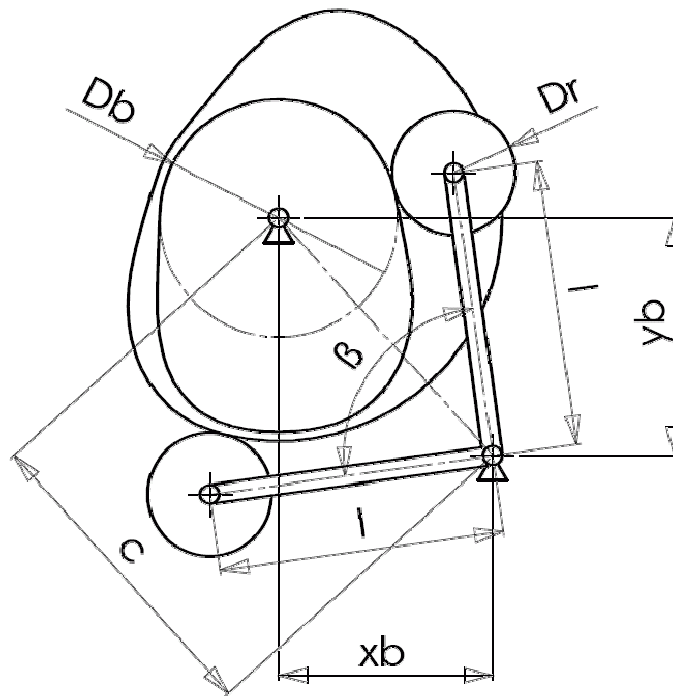


Figura 3.2 – Modelo geométrico da came conjugada [6]

3.2.3 Diagramas s-v-a-j

A geometria de uma came é determinada pelo movimento que se pretende induzir ao seguidor. Considerando a came estacionária e o seguidor em rotação no sentido oposto ao de rotação da came é possível efetuar o diagrama de deslocamentos (s) visível na Figura 3.3.

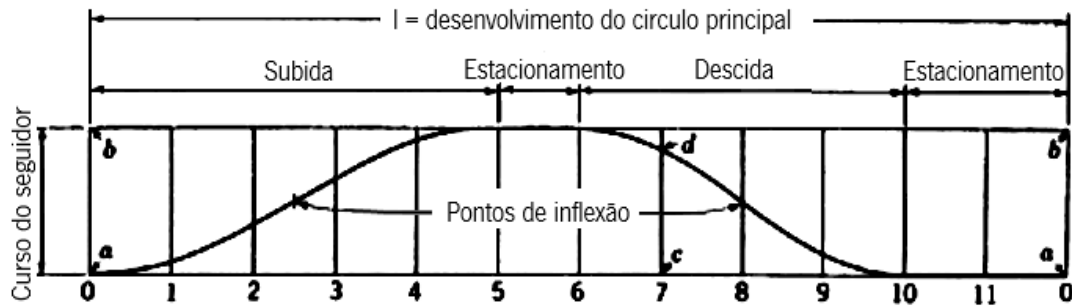


Figura 3.3 – Diagrama de deslocamentos [5]

Derivando a equação do deslocamento obtém-se o diagrama de velocidade (v), derivando a velocidade obtém-se a o diagrama de aceleração (a) e derivando a aceleração obtém-se o diagrama de impulsos (j). Considerando o movimento a velocidade constante, o deslocamento de uma came é obtido pela equação 3-1.

$$\delta = \delta(\theta(t)) = \delta_0 + s(\theta(t)) \quad 3-1$$

$$v = \frac{ds}{d\theta}$$

$$a = \frac{dv}{d\theta}$$

$$j = \frac{da}{d\theta}$$

Onde:

θ – Posição angular da came

δ – Posição angular do seguidor oscilante

t – Tempo

Existem vários métodos ou curvas de deslocamento: linear ou movimento uniforme, quadrática, cúbica, harmónica simples, cicloidal, trapezoidal, trapezoidal modificada, sinusoidal modificada, polinomial 345 e polinomial 4567.

3.2.4 Tipo de movimento do seguidor

Para um bom dimensionamento de uma came é necessária uma análise cuidada das curvas de deslocamento, velocidade, aceleração (Figura 3.4) e impulso. Quando indevidamente

selecionados os mecanismos de came-seguidor são fontes de ruído e de vibração, levando muitas vezes à rutura por fadiga.

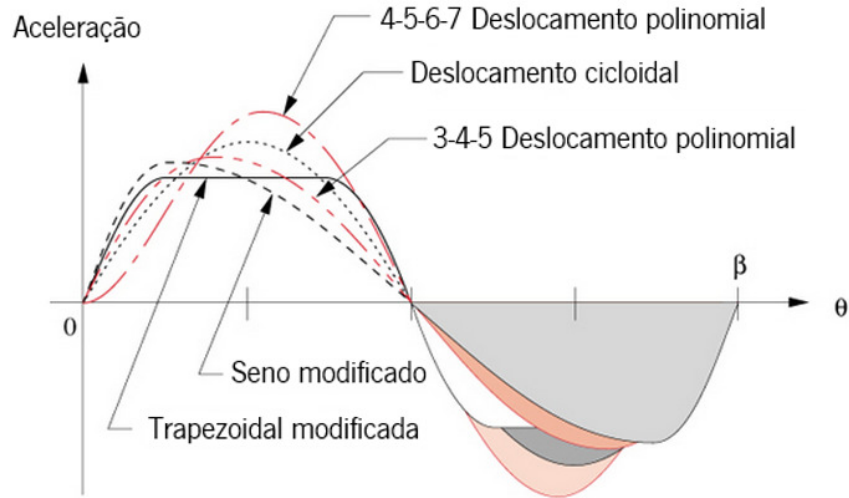


Figura 3.4 – Diagrama de aceleração das várias curvas de deslocamento [7]

Para uma melhor percepção dos diferentes métodos é apresentado na Figura 3.5 uma comparação entre a velocidade, a aceleração e o impulso e o ângulo de pressão (ϕ).

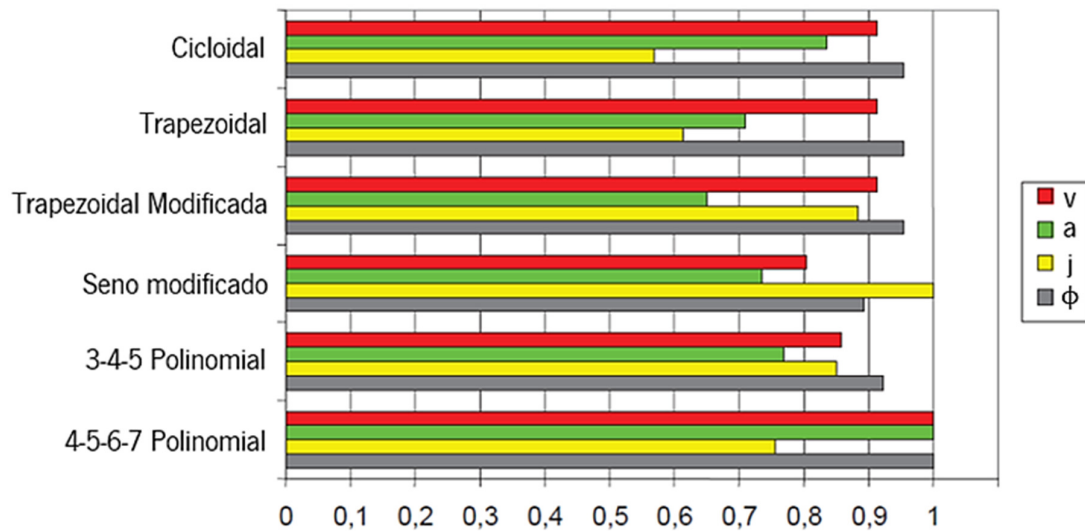


Figura 3.5 – Velocidade, aceleração, impulso e ângulo de pressão dos diferentes métodos [6]

Analisando a Figura 3.5 é possível verificar que o seno modificado é o único que apresenta um impulso constante, o que é favorável para o tear multiaxial.

3.2.4.1 Curva de aceleração Sinusoidal Modificada

Um mau exemplo do dimensionamento de uma came é considerar apenas a função de deslocamento no desenho de uma came. A melhor aproximação é começar com as derivadas mais elevadas, especialmente a aceleração [7].

A curva de aceleração sinusoidal tem a grande vantagem de ser mais suave, criando menos impulsos, contudo tem maiores picos de aceleração teóricos. Assim, combinando duas curvas sinusoidais com diferentes frequências, consegue-se a suavidade da cicloidal e resolve-se o problema dos picos de aceleração, melhorando desta forma a curva de velocidade (picos inferiores comparativamente com a curva cicloidal e trapezoidal modificada).

Na figura seguinte (Figura 3.6) é possível visualizar a combinação de duas funções sinusoidais, em que uma curva apresenta frequência superior à outra.

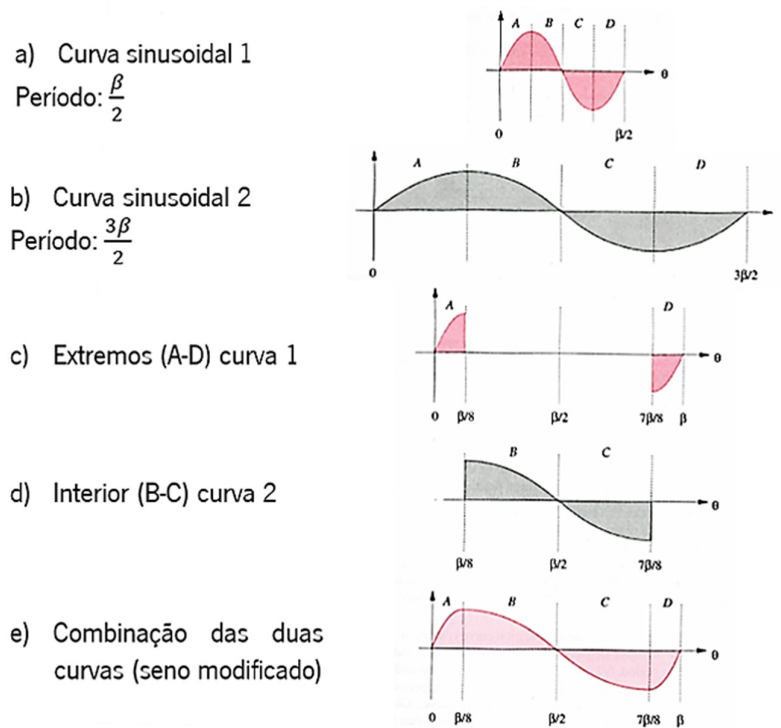


Figura 3.6 – Combinação de duas curvas sinusoidais [7]

A curva utilizada na dupla came corresponde ao seno modificado, onde o deslocamento, a velocidade, a aceleração e o impulso encontram-se divididos em partes (Equações 3-2; 3-3; 3-4).

$$\begin{aligned}
 s &= h \left[0.43990085 \frac{\theta}{\beta} - 0.0350062 \sin\left(4\pi \frac{\theta}{\beta}\right) \right] & 3-2 \\
 v &= 0.43990085 \frac{h}{\beta} \left[1 - \cos\left(4\pi \frac{\theta}{\beta}\right) \right] \\
 a &= 5.5279571 \frac{h}{\beta^2} \sin\left(4\pi \frac{\theta}{\beta}\right) \\
 j &= 69.4663577 \frac{h}{\beta^3} \cos\left(4\pi \frac{\theta}{\beta}\right)
 \end{aligned}$$

$0 \leq \theta \leq \frac{1}{8}\beta$

$$\begin{aligned}
 s &= h \left[0.28004957 + 0.43990085 \frac{\theta}{\beta} - 0.31505577 \cos\left(\frac{4\pi}{3} \frac{\theta}{\beta} - \frac{\pi}{6}\right) \right] & 3-3 \\
 v &= 0.43990085 \frac{h}{\beta} \left[1 + 3 \sin\left(\frac{4\pi}{3} \frac{\theta}{\beta} - \frac{\pi}{6}\right) \right] \\
 a &= 5.5279571 \frac{h}{\beta^2} \cos\left(\frac{4\pi}{3} \frac{\theta}{\beta} - \frac{\pi}{6}\right) \\
 j &= -23.1553 \frac{h}{\beta^3} \cos\left(\frac{4\pi}{3} \frac{\theta}{\beta} - \frac{\pi}{6}\right)
 \end{aligned}$$

$\frac{1}{8}\beta \leq \theta \leq \frac{7}{8}\beta$

$$\begin{aligned}
 s &= h \left\{ 0.560099 + 0.43990085 \frac{\theta}{\beta} - 0.0350062 \sin\left[2\pi\left(2\frac{\theta}{\beta} - 1\right)\right] \right\} & 3-4 \\
 v &= 0.43990085 \frac{h}{\beta} \left\{ 1 - \cos\left[2\pi\left(2\frac{\theta}{\beta} - 1\right)\right] \right\} \\
 a &= 5.5279571 \frac{h}{\beta^2} \sin\left[2\pi\left(2\frac{\theta}{\beta} - 1\right)\right] \\
 j &= 69.4663577 \frac{h}{\beta^3} \cos\left[2\pi\left(2\frac{\theta}{\beta} - 1\right)\right]
 \end{aligned}$$

$\frac{7}{8}\beta \leq \theta \leq \beta$

3.2.4.2 Came com seguidor de rolete oscilante

Para desenhar a came de um seguidor de rolete oscilante, inicia-se o processo traçando uma circunferência correspondente ao eixo de rotação do seguidor, com centro no eixo da came, dividindo esta em vários sectores angulares (1 a 12, na Figura 3.7) definido no diagrama de deslocamentos. [5]

Na fase seguinte coloca-se o seguidor na posição inicial (esta posição será abordada numa fase posterior), sobrepondo o arco de oscilação pretendido marcando as diferentes posições angulares (1', 2', 3'...) resultantes do diagrama de deslocamentos.

A curva primitiva é então determinada pela intersecção do arco, com centro no eixo da came, saído de cada ponto acima referido (1', 2'...) com o arco de raio igual ao comprimento do braço seguidor e centro no eixo da posição considerada.

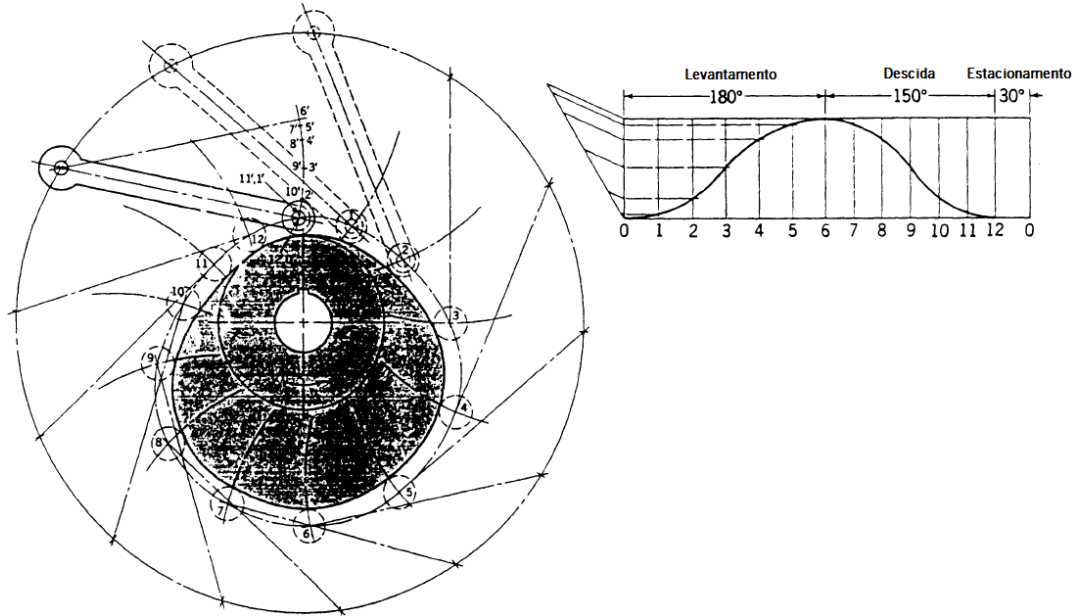


Figura 3.7 – Came com seguidor de rolete oscilante [5]

3.2.4.3 Ângulo de pressão do seguidor de rolete oscilante

O ângulo de pressão é definido pela normal da tangente da à superfície da came, no ponto de contacto, com a direção segundo a qual o seguidor se desloca [5].

O ângulo de pressão depende essencialmente do diâmetro da came e pode ser diminuído, aumentando o seu tamanho, aumentando em contrapartida as massas não balanceadas. Deve haver assim um compromisso entre o tamanho da came e um ângulo de pressão baixo [8].

Elevados ângulos de pressão promovem o desgaste dos componentes diminuindo assim a vida e aumentando a potência necessária.

Observando a Figura 3.8 é possível verificar que o ângulo de pressão é determinado pela normal entre o braço oscilante e a normal da superfície da came no ponto de contacto com o rolete.

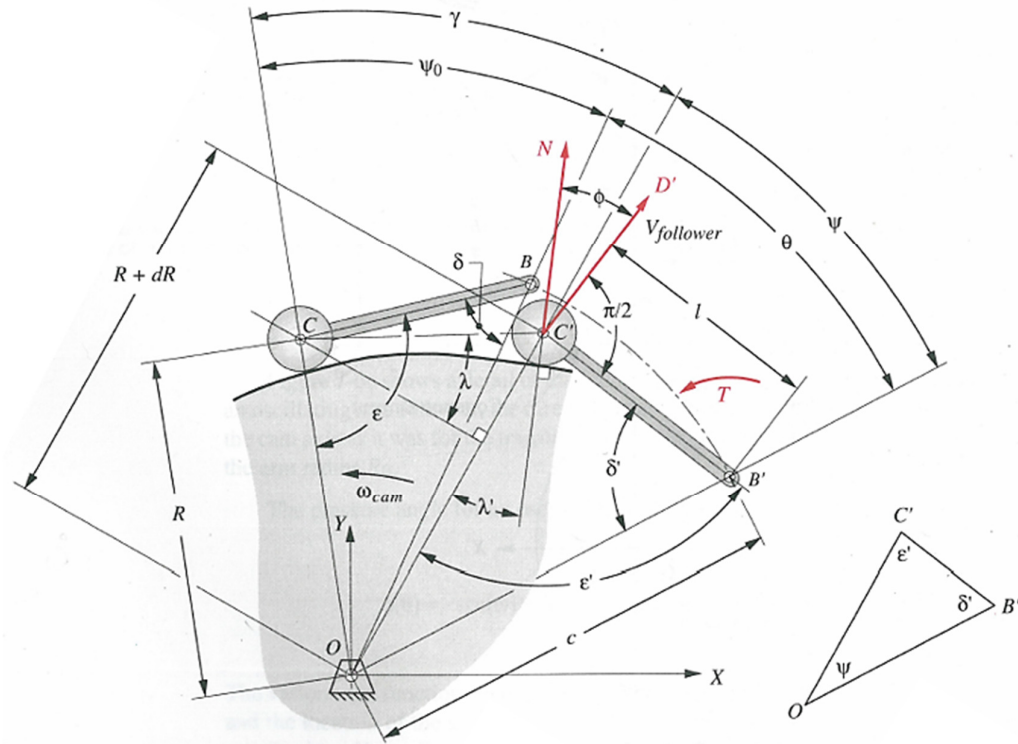


Figura 3.8 – Ângulo de pressão do seguidor de rolete oscilante [7]

O ângulo de pressão (ϕ) é definido pelo ângulo entre a força normal (N) do rolete aplicada à superfície da came e a direção da velocidade do centro do rolete ($C'D$). Desprezando o atrito, o momento do braço do seguidor B' pode ser calculado pela equação 3-5.

$$\frac{Nl}{T} = \frac{1}{\cos\phi} \quad 3-5$$

Onde:

T = binário aplicado no braço do seguidor

A expressão para o ângulo de pressão pode ser escrita pela equação 3-6.

$$\phi = \frac{\pi}{2} - (\epsilon - \lambda) \quad 3-6$$

O ângulo (λ) obtido entre a distância CC' e a perpendicular a OC' intersectando C , é expresso pela equação 3-7.

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{1}{R} \frac{dR}{d\gamma} \quad 3-7$$

O triângulo OB'C' visualizado na Figura 3.8 no canto inferior direito, pode ser calculado pelas seguintes equações (3-8 a 3-10).

$$R = \sqrt{l^2 + c^2 - 2lc \cos \delta} \quad 3-8$$

$$\varepsilon = \sin^{-1} \left(\frac{c}{R} \sin \delta \right) \quad 3-9$$

$$\psi = \cos^{-1} \frac{c^2 + R^2 - l^2}{2Rc} \quad 3-10$$

O ângulo formado entre a distancia OC e OC' pode ser obtido diretamente da figura pela equação 3-11.

$$\gamma = \psi_0 - \psi + \theta \quad 3-11$$

A equação diferencial da equação 3-11 em ordem a R origina a equação 3-12.

$$\frac{d\gamma}{dR} = \frac{d\theta}{dR} - \frac{d\psi}{dR} \quad 3-12$$

Através da equação 3-8, efetuando a derivada de θ ($d\theta$) em ordem à derivada de R (dR) obtém-se a seguinte equação (equação 3-13).

$$\frac{d\theta}{dR} = \frac{R}{lc \sin \delta} \frac{d\delta}{d\theta} \quad 3-13$$

Através da equação 3-10, a equação diferencial em ordem R é obtida pela equação 3-14.

$$\frac{d\psi}{dR} = \frac{c^2 - R^2 - l^2}{2R^2 c \sin \psi} \quad 3-14$$

Com as equações apresentadas anteriormente é possível determinar o ângulo de pressão durante o período de subida e de descida do seguidor. O ângulo de pressão do rolete de braços oscilantes pode ser determinado das seguintes equações (3-15 e 3-16) [7].

$$\Phi_1 = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{1}{\frac{c}{R} \sin \delta} + \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{R^2}{lc v \sin \delta} - \frac{c^2 - R^2 - l^2}{2Rc \sin \psi}} \right) \quad 3-15$$

$$\Phi_2 = -\frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \frac{1}{\frac{c}{R} \sin \delta} + \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{R^2}{lc v \sin \delta} - \frac{c^2 - R^2 - l^2}{2Rc \sin \psi}} \right) \quad 3-16$$

Quando o seguidor se encontra no estacionamento o ângulo de pressão é determinado pela equação (3-17 e 3-18).

$$\Phi_1 = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{1}{\frac{c}{R} \sin \delta} \quad 3-17$$

$$\Phi_2 = -\frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \frac{1}{\frac{c}{R} \sin \delta} \quad 3-18$$

4.2.4.4 Raio de curvatura

O conceito de raio de curvatura (ρ) diz que não importa o quanto complicada é a forma da curva, nem o quanto é elevada a função que a descreve, a curva tem um raio de curvatura instantâneo em todos os pontos desta.

Os contornos da came são normalmente funções de elevado grau. Quando os contornos da came estão envolvidos em torno de círculos primitivos, estes apresentam zonas concavas, convexas e planas [7].

Desta forma existe um raio mínimo de curvatura da came que dever ser muito maior que o raio do rolete, para que o deslocamento do seguidor seja obtido. O raio de curvatura de superfície da came (ρ_c) é apresentado na equação 3-19.

$$\rho = \sqrt{c^2 + l^2 - 2cl \cos \delta} \quad 3-19$$

$$\rho_c = \rho - \frac{D_r}{2}$$

3.2.5 Determinação do perfil das comes conjugadas

A determinação do perfil da came radial do seguidor oscilante com contacto por rolete, isto é, a curva do contorno da superfície da came, pode ser efetuada por obtenção gráfica a partir do diagrama de deslocamento ou através de equações.

Para iniciar a formação do perfil da came é necessário ter em conta os seguintes passos:

- Divisão do diagrama de deslocamentos em partes iguais (maior divisão implica maior precisão).
- Desenhar a circunferência de rotação do seguidor relativo ao centro da came, dividindo esta em partes todas iguais.
- A came considera-se estática e o seguidor a girar em torno do centro de rotação da came no sentido oposto.
- Colocação do seguidor na posição inicial.

Na Figura 3.9 está representada a posição inicial da came, partindo do diagrama de deslocamentos.

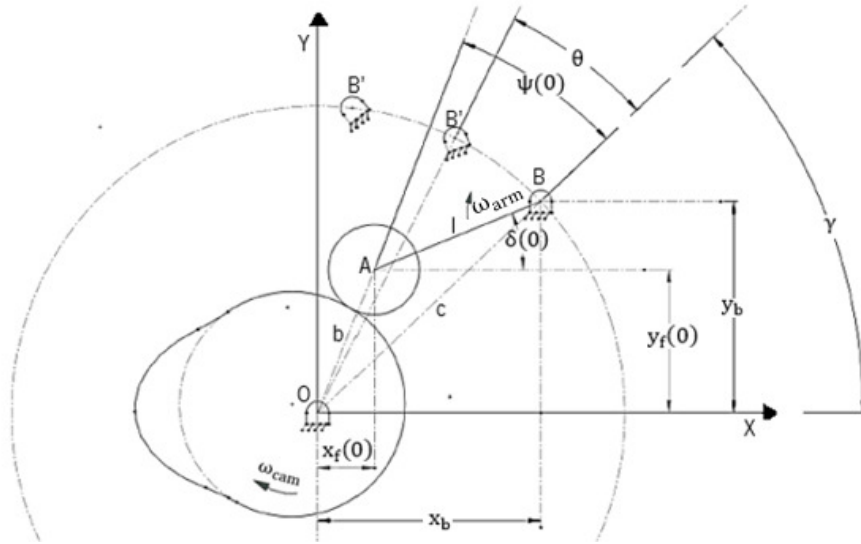


Figura 3.9 – Representação da posição inicial da came

3.2.5.1 Coordenadas para linha de centro do rolete

O b representa a distância do centro de rotação da came (O) ao centro do rolete (A) do seguidor, este pode ser calculado facilmente através da equação 3-20.

$$b = \frac{D_b + D_r}{2} \quad 3-20$$

A letra c retrata a distância do centro de rotação da came ao centro do seguidor (B) e γ é o ângulo obtido pela interseção da distância c com o eixo OX , podendo ser determinada através do teorema de Pitágoras presente nas equações 3-21 e 3-22.

$$c = \sqrt{x_b^2 + y_b^2} \quad 3-21$$

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{y_b}{x_b} \quad 3-22$$

O ângulo inicial do braço do seguidor $\delta(0)$ pode ser encontrado através da lei dos cossenos conhecidos 3 pontos, este ângulo pode ser determinado pela equação 3-23.

$$\delta(0) = \cos^{-1} \left(\frac{c^2 + l^2 - b^2}{2cl} \right) \quad 3-23$$

O ângulo inicial $\psi(0)$ entre reta de cento OB (centro da came e centro do seguidor) e OA (centro da came e centro do rolete) é representado pela equação 3-24.

$$\psi(0) = \cos^{-1} \left(\frac{c^2 + b^2 - l^2}{2cb} \right) \quad 3-24$$

As coordenadas da posição inicial do seguidor $x_f(0)$ e $y_f(0)$ quando o $\theta = 0$ podem agora ser apresentadas pela equação 3-25. De referir que no dimensionamento da came considera-se o movimento do seguidor no sentido inverso ao sentido do movimento da came.

$$\begin{aligned} x_f(0) &= b \cos [\gamma - \omega_{arm} \psi(0)] \\ y_f(0) &= b \sin [\gamma - \omega_{arm} \psi(0)] \end{aligned} \quad 3-25$$

Onde:

ω_{arm} : velocidade angular do braço do seguidor, considerando esta constante e em módulo.

Desde a equação 3-23 até à 3-25 foram apresentadas as equações para a posição inicial do seguidor (apenas um rolete), de seguida estão abordadas as equações para determinar as posições para uma rotação completa. Na Figura 3.10 é possível visualizar a terminologia associada para a representação dos pontos pertencentes às coordenadas do seguidor.

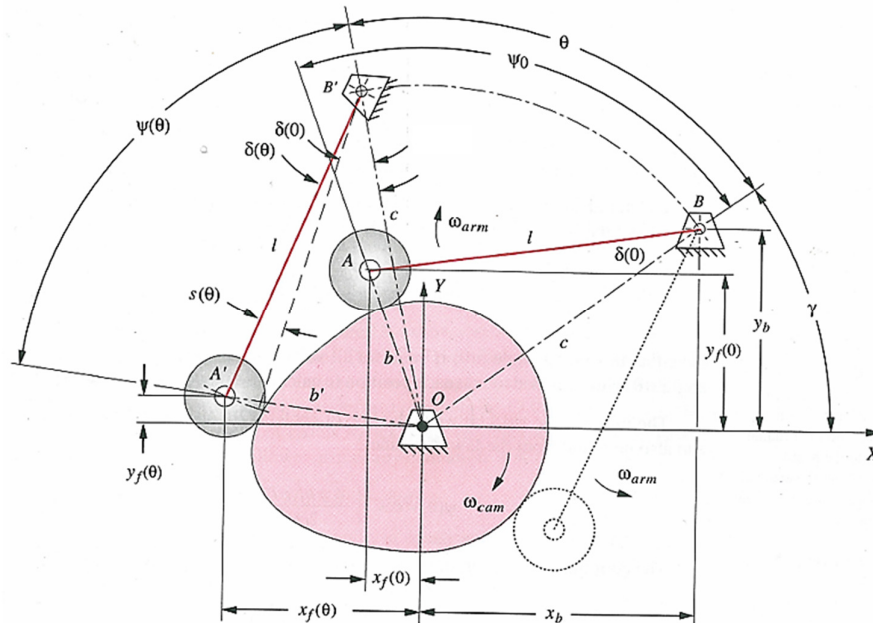


Figura 3.10 – Geometria do cálculo do contorno da came a partir da linha central do rolete [7]

As coordenadas sucessivas para a posição do seguidor podem ser calculadas pelo novo ângulo $\psi(\theta)$. Através do deslocamento obtido do diagrama de deslocamentos (s) é possível determinar o novo ângulo para esse deslocamento $\delta(\theta)$ obtido pela equação 3-26. De referir que o número de divisões de uma volta completa é de extrema importância para o perfil de contorno

da came. Quanto maior o número de divisões maior o número de pontos requerido para traçar o perfil da came o que implica de uma forma direta maior exatidão.

$$\delta(\theta) = \delta(0) + s(\theta) \quad 3-26$$

Através do triângulo (OB'A') e usando a lei dos cossenos é possível determinar b' (OA') e o novo ângulo $\psi(\theta)$ observado nas equações 3-27 e 3-28.

$$b' = \sqrt{c^2 + l^2 - 2cl \cos \delta(\theta)} \quad 3-27$$

$$\psi(\theta) = \cos^{-1} \left(\frac{c^2 + b'^2 - l^2}{2cb'} \right) \quad 3-28$$

As coordenadas da linha de centro do seguidor podem ser geradas pela equação 3-29 [7].

$$x_f(\theta) = b \cos [\gamma - \omega_{\text{cam}} \theta - \omega_{\text{arm}} \psi(\theta)] \quad 3-29$$

$$y_f(\theta) = b \sin [\gamma - \omega_{cam} \theta - \omega_{arm} \psi(\theta)]$$

3.2.5.2 Coordenadas da superfície da came

Analizando a Figura 3.11 é possível determinar as equações para o cálculo da superfície da came. O ângulo da came é θ e o ângulo de pressão nessa posição é $\Phi(\theta)$.

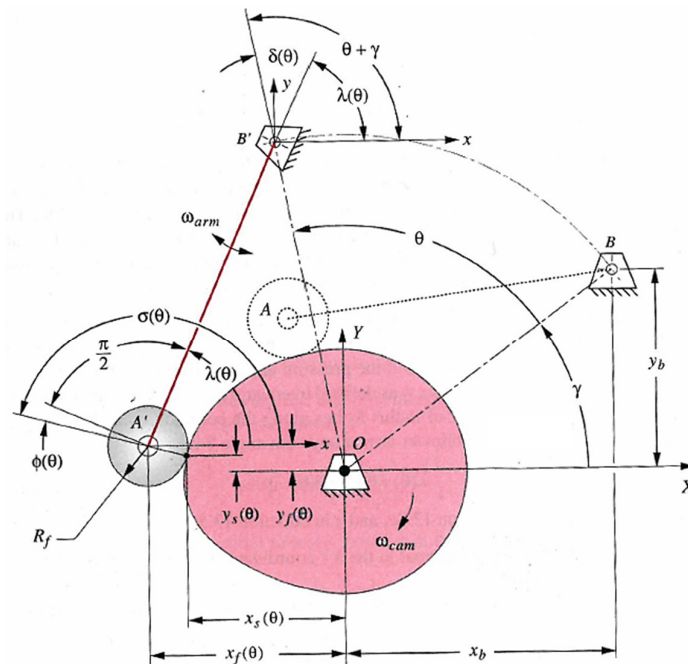


Figura 3.11 – Geometria do cálculo do contorno da came com seguidor oscilante de rolete [7]

O ângulo do braço do seguidor $\lambda(\theta)$ em qualquer ângulo da came θ é fornecido pela seguinte equação (3-30).

$$\lambda(\theta) = \theta + \gamma - \delta(\theta) \quad 3-30$$

A soma do ângulo do braço do seguidor com a soma da perpendicular ao braço na zona do rolete mais o ângulo de pressão originam $\sigma(\theta)$, representado na equação 3-31.

$$\sigma(\theta) = \lambda(\theta) + \frac{\pi}{2} + \phi(\theta) \quad 3-31$$

As coordenadas da superfície da came para um seguidor oscilante de rolete podem ser obtidas pela equação 3-32 [7].

$$\begin{aligned} x_s &= x_f(\theta) \pm \omega_{\text{arm}} R_f \cos(\sigma(\theta)) \\ y_s &= y_f(\theta) \pm \omega_{\text{arm}} R_f \sin(\sigma(\theta)) \end{aligned} \quad 3-32$$

Onde:

(-): é relativo à envolvente interior

(+): é relativo à envolvente exterior

3.2.5.3 Coordenadas para o corte da came

Para o fabrico das cames conjugadas é de extrema importância o raio de curvatura da came. Este raio de curvatura está interligado com o raio da fresa (R_c) a utilizar na fresadora CNC.

A determinação das coordenadas de corte (x_c, y_c) para a fresadora é expressa pela equação 3-33 [7].

$$\begin{aligned} x_c &= x_f(\theta) \pm \omega_{\text{arm}} (R_f - R_c) \cos(\sigma(\theta)) \\ y_c &= y_f(\theta) \pm \omega_{\text{arm}} (R_f - R_c) \sin(\sigma(\theta)) \end{aligned} \quad 3-33$$

3.2.5.4 Contorno da segunda came conjugada

Após a elaboração do contorno da primeira came, a segunda came é gerada pela inversão do diagrama de deslocamentos usado na primeira came conforme o visível na equação 3-34

$$\begin{aligned} s_{\text{conjugada}} &= h - s_{\text{primeira}} \\ v_{\text{conjugada}} &= -v_{\text{primeira}} \\ a_{\text{conjugada}} &= -a_{\text{primeira}} \end{aligned} \quad 3-34$$

Onde

h: Levantamento total do seguidor

3.3 Perfil Teórico da came conjugada

Para o dimensionamento das cames é necessário calcular passo a passo o deslocamento para cada posição da came, isto torna-se um processo demorado e complicado dado o número de posições pretendidas. As cames conjugadas do tear multiaxial foram dimensionadas por um aluno de Engenharia Mecânica Petr Žabka, onde elaborou um programa em Matlab que apresenta as equações para as cames conjugadas do tipo oscilante e com contacto por rolete, em que, o programa permite escolher o tipo de movimento pretendido, gera os diagramas de s-v-a-j e o perfil da came. O perfil teórico obtido das cames conjugadas (Figura 3.12) da inserção da trama, foi gerado com as seguintes especificações técnicas:

- | | |
|---|--|
| – $D_b = 150,56$ mm – diâmetro da circunferência de base | – $S_{\max} = 0,357268897$ rad (correspondente a 25 mm de levantamento radial do seguidor) |
| – $D_r = 40$ mm – diâmetro do rolete | – $\beta = 112^\circ$ (1.954768762 rad) |
| – $\beta_{t.sub} = 50^\circ$ – duração do avanço. | – tgdm = |
| – $\beta_{t.des} = 35^\circ$ – duração do retorno | [0*deg, 0; (posição inicial) |
| – $\beta_{t.est} = 57,5^\circ$ – Começo do retorno após avanço (estacionamento de 7.5°) | 50*deg, Smax; (avanço máximo em 50°) |
| | 57.5*deg, Smax (paragem em 7.5°) |
| – $l = 70$ mm (braços do seguidor) | 92.5*deg, 0]; (retorno aos 92.5° , em 35°) |
| – $c = 130$ mm (distância entre o centro das cames e o centro do seguidor) | |

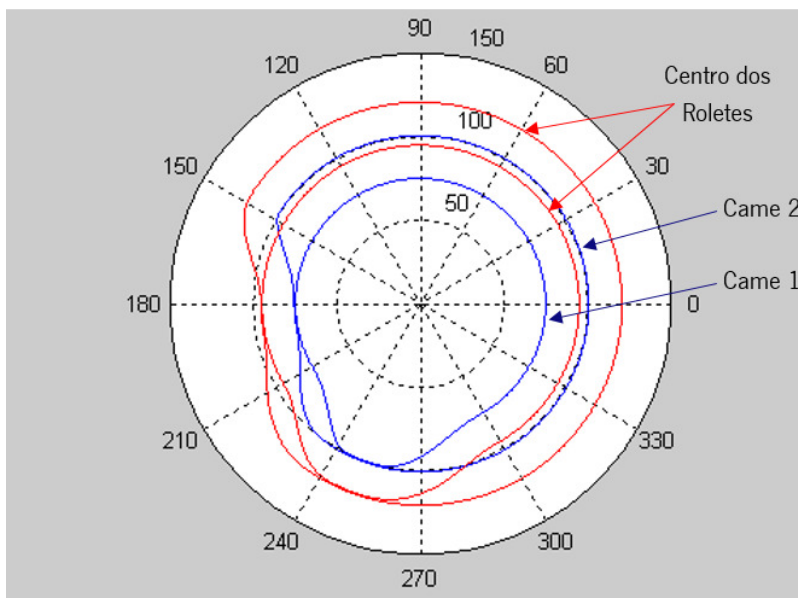


Figura 3.12 – Perfil teórico das cames conjugadas [6]

3.4 Perfil teórico vs perfil real

O programa criado em Matlab que permite gerar as equações dos perfis das cames e do centro dos seguidores, retirar os ângulos de pressão e os diagramas s-v-a-j, pela introdução dos dados geométricos, dos ângulos de deslocamento e da decisão do tipo de método de cálculo. Este programa permite também retirar as coordenadas do perfil das cames. A partir destes resultados e pela exportação dos dados elaborados do Matlab (coordenadas) é possível criar um modelo 3D da came, executar as simulações necessárias para numa fase posterior proceder à sua maquinação em CNC.

3.4.1 Perfil teórico das Cames Conjugadas

O sensor laser regista medidas lineares em que estas medidas podem ser comparadas com o diagrama de deslocamento da came, sendo assim possível sobrepor os dois gráficos de deslocamento radial da came para avaliar as diferenças entre os resultados reais e os resultados teóricos. Os gráficos da distância radial referente às duas cames encontram-se na Figura 3.13.

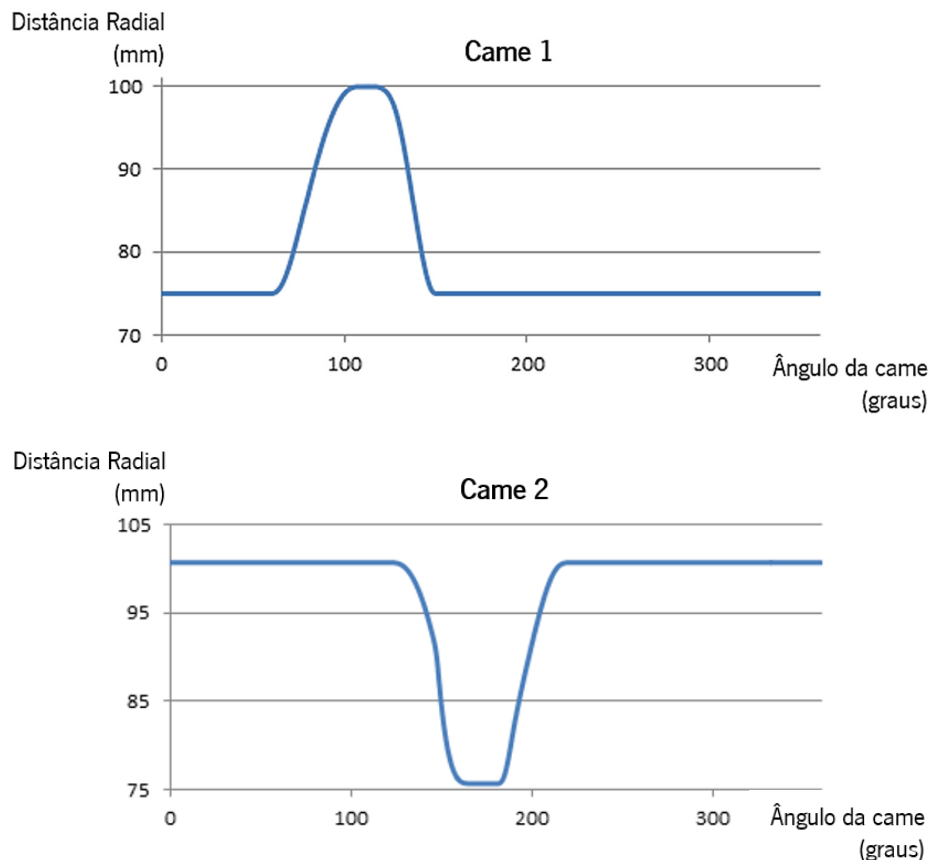


Figura 3.13 – Gráficos do deslocamento radial (teórico) das cames conjugadas

Os gráficos apresentados podem ser gerados pelo diagrama de deslocamentos efetuado no Matlab, ou podem ser exportadas as coordenadas dos perfis obtidos para o Excel, efetuando assim um tratamento de dados para a obtenção do diagrama de deslocamentos.

Para medir a came com o sensor Laser da marca Micro-Epsilon (ILD 1302-50) é necessário ter em consideração as características do sensor. Este apenas permite iniciar a medição distanciado 45 mm do objeto e com um intervalo de medição de 50 mm (entre 45mm e 95mm). Para medir a came 1 convém por o sensor o mais próximo possível desta relativamente à zona de estacionamento da mesma. Para medir a came 2 convém colocar o sensor o mais afastado possível iniciando a medição respetiva zona de estacionamento.

3.4.2 Perfil teórico do seguidor oscilante

Devido ao seguidor oscilante apresentar movimento angular é necessário ter em conta que o feixe laser incide descreve a distância transformando-a numa reta. As medições retiradas do sensor correspondem a um deslocamento linear pelo que será necessário efetuar cálculos para saber determinar a curva efetuada no deslocamento angular. Através do modelo 3D do seguidor é possível determinar o deslocamento angular máximo que o seguidor efetua sabendo que o levantamento radial das came corresponde a 25 mm. O ângulo de oscilação máximo do seguidor é de $20,47^\circ$ pode ser visualizado na Figura 3.14.

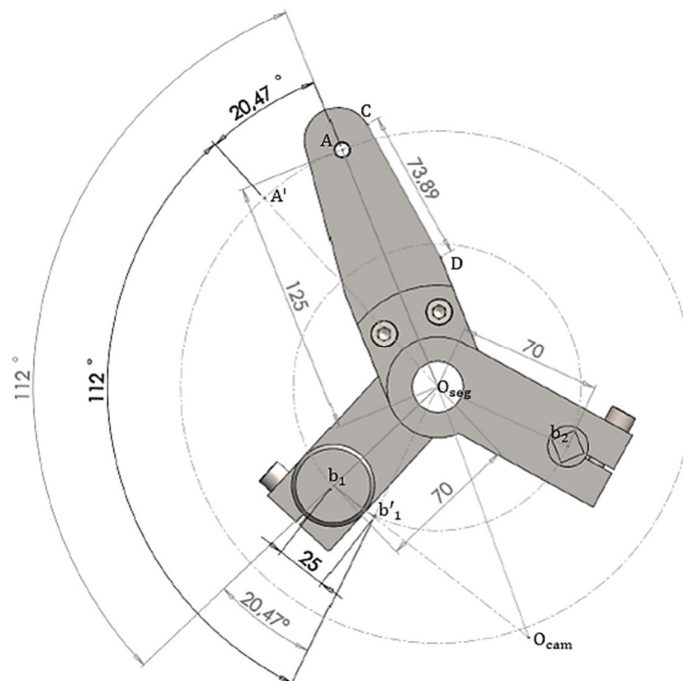


Figura 3.14 – Ângulo de oscilação do seguidor

3.4.2.1 Medição do seguidor através do sensor Laser

Atendendo à Figura 3.15 é possível verificar que medir o seguidor oscilante através do sensor laser é uma tarefa bastante complicada devido ao movimento angular presente no seguidor. Deste modo será necessário arranjar um ponto de referência para efetuar a possível medição ao seguidor. De notar que todas as distancias apresentadas estão na perpendicular com reta OA. Também é possível visualizar qua a distância que se pretende medir encontra-se dentro do intervalo de medição do sensor.

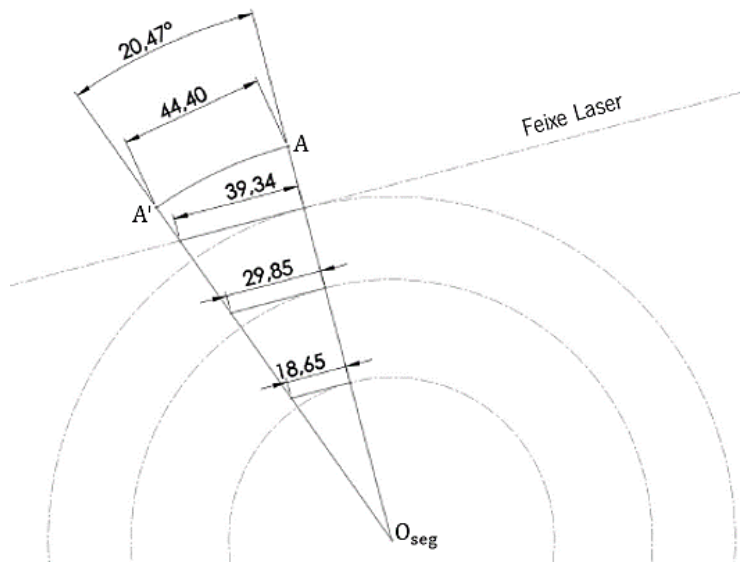


Figura 3.15 – Representação geométrica da medição do seguidor através do sensor laser

Para uma correta medição com o sensor laser é necessário colocar o feixe do sensor laser na perpendicular com a superfície CD visualizada na Figura 3.16. A superfície CD é plana e a parte inferior do sensor também é plana, estando as duas superfícies com mesma inclinação a perpendicularidade do feixe laser é garantida.

Uma condição necessária para a correta medição é incidir o feixe na perpendicular com a mensuranda CD e o mais próximo possível do ponto C, diminuindo assim os erros de medição. De notar que se o feixe estiver na perpendicular da superfície CD a incidir na zona do ponto C a distância a obter do sensor Laser seria aproximadamente 46 mm, se estiver 15 mm afastado de C a distância seria 40,46mm. Quanto mais afastado de C (em direção a D), a distância linear adquirida pelo sensor é menor e o erro de medição é maior devido ao efeito da curvatura do movimento.

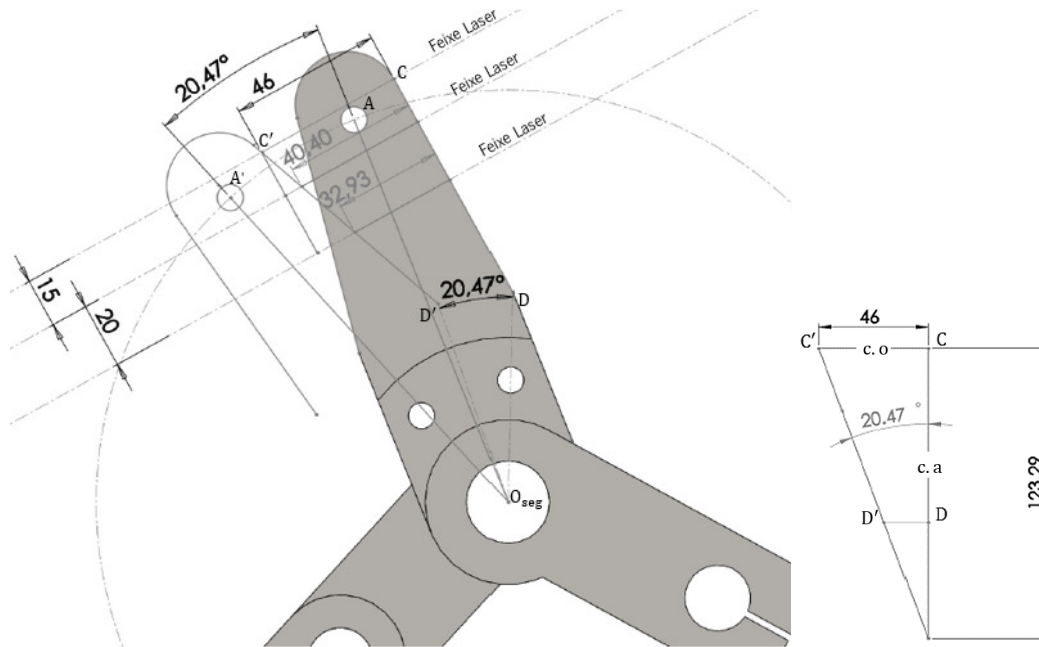


Figura 3.16 – Exemplo de como colocar o feixe Laser do sensor

O deslocamento máximo obtido pelo sensor a incidir o feixe no ponto C corresponde a 46 mm, visível no triângulo da parte direita da Figura 3.16. Com este triângulo é possível determinar qual a distância obtida do sensor face ao afastamento do ponto C. Afastando 15 mm do ponto C a distância passa a ser 108,29 mm e pode ser obtida através da equação da tangente (3-35). Através desta equação também é possível determinar a distância (c.o) do feixe para outras posições angulares (entre 0 e 0,35726 rad).

Antes de iniciar a medição o seguidor tem de estar na fase de estacionamento da came, a perpendicularidade tem que ser garantida nesta fase.

$$\tan \alpha = \frac{c.o}{c.a} \Leftrightarrow c.o = 108.29 \times \tan(20.47) = 40,423 \text{ mm} \quad 3-35$$

O deslocamento do seguidor é determinado pelo contacto da superfície do rolete na superfície da came, sendo o raio do rolete de extrema importância para o deslocamento angular obtido. Na próxima figura (Figura 3.17) está representado o movimento do seguidor face á curva de perfil da came.

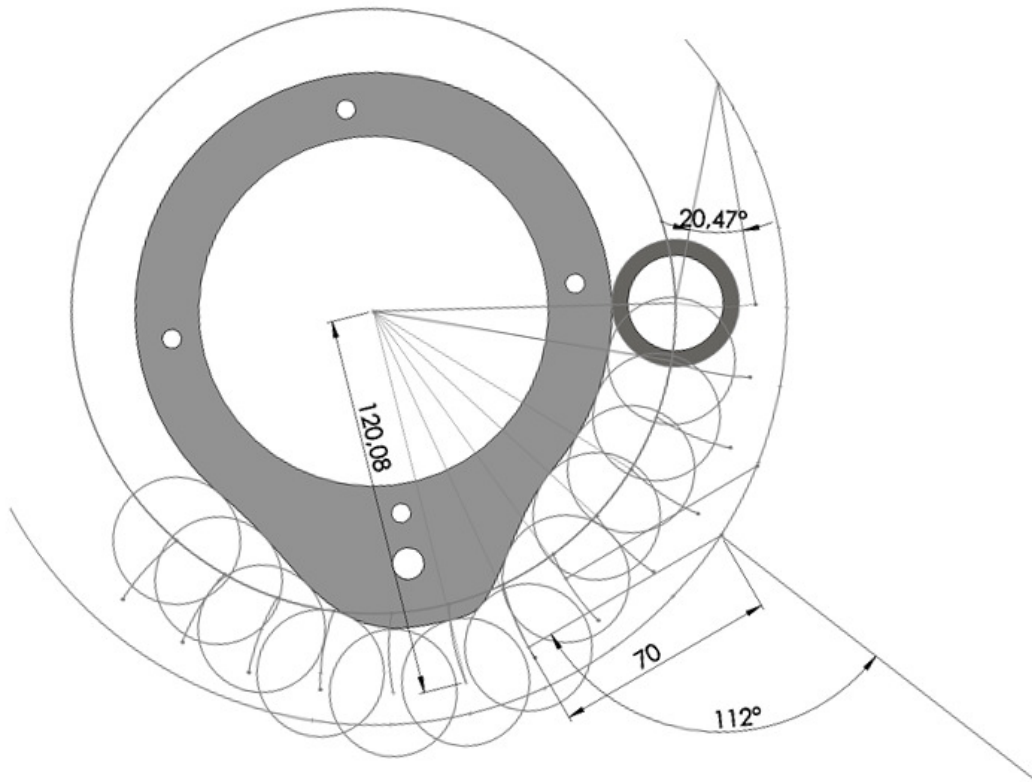


Figura 3.17 – Oscilação do seguidor

O seguidor inicia o movimento oscilante relativamente ao ponto A da direita para a esquerda, isto é, o feixe laser aumenta a distância no levantamento da came e diminui a distância na descida da came. O perfil teórico do seguidor, a obter pela mela medição a laser incidindo o feixe laser próximo da ponto C pode observado pelo gráfico da Figura 3.18.

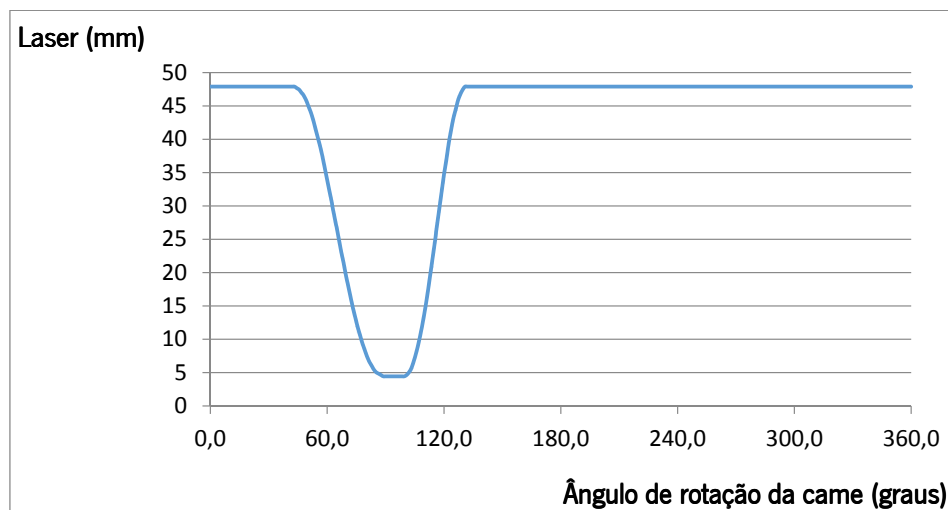


Figura 3.18 – Perfil teórico a obter do sensor laser

3.5 Estrutura de Suporte do Laser

Para efetuar as medições da came conjugada e do seguidor foi necessário a elaboração de uma estrutura de suporte. A estrutura de suporte já tinha sido elaborada por um grupo de Integradora de M.I.E.M. Contudo, a estrutura apresenta pequenas imperfeições, que foram detetadas quando foram efetuadas as medições para este trabalho (Figura 3.19). A estrutura concebida pelo grupo de Integradora apresentava uma estrutura tubular mas com um perfil quadrado, o que, devido ao espaço reduzido presente no cárter da máquina, o sensor necessita de uma estrutura que permita mais mobilidade.

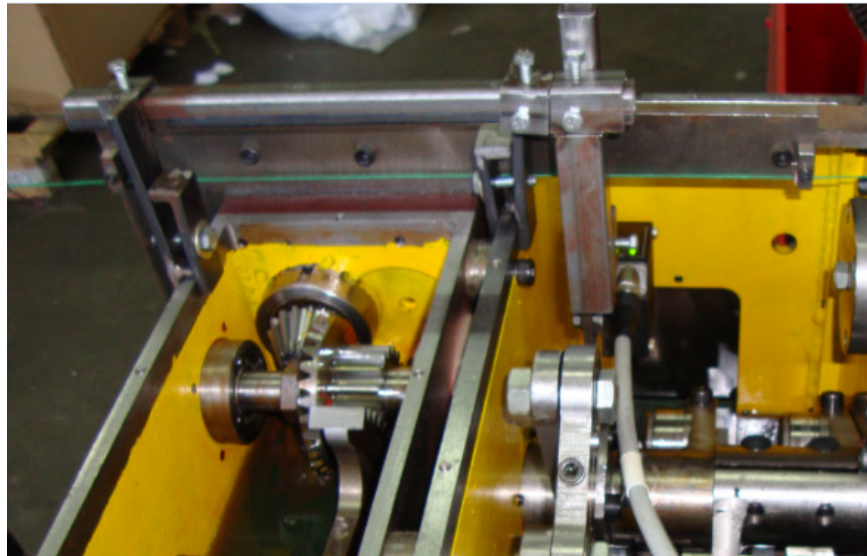


Figura 3.19 – Estrutura de suporte do sensor laser

Quando o problema que o tear apresentou devido ao incorreto tensionamento do fio estiver resolvido, com uma possível aplicação de uma esquinadeira destinada à alimentação da teia, novas medições podem ser efetuadas, utilizando a nova estrutura de suporte do sensor laser (Figura 3.20). De notar que para esta estrutura é necessário saber a inclinação que o sensor apresenta, esta inclinação pode ser obtida através de um nível digital ou um bloco padrão para garantir o paralelismo. Esta nova estrutura está concebida por forma a garantir que o sensor não efetue rotação em torno de si próprio.

A nova estrutura encontra-se no geometricamente caraterizada no Anexo A.

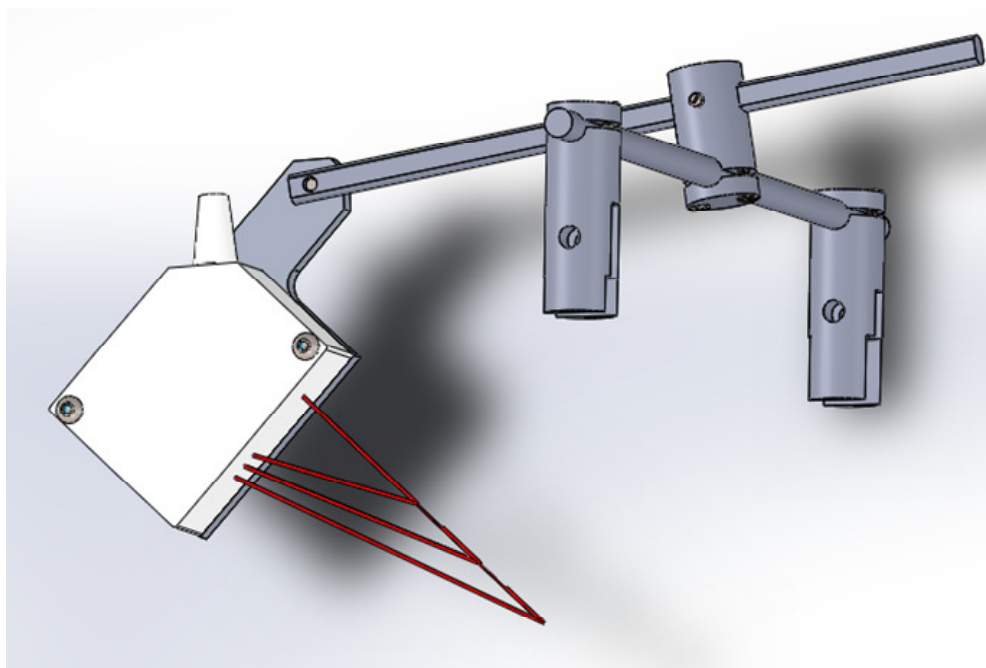


Figura 3.20 – Nova estrutura de suporte do sensor laser

Capítulo 4

MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DO TEAR MULTIAXIAL

O Tear Multiaxial concebido mecanicamente através de cames conjugadas, apenas se apresenta com um motor elétrico acionado diretamente por um variador de frequência. Ao longo deste capítulo são abordados e especificados todos os componentes utilizados para a monitorização e controlo do tear multiaxial bem como a deteção da quebra de fio da trama, da teia e das diagonais. Este tear será comutado através de um Autómato (PLC) e terá que ser programado para todos os componentes utilizados. De uma forma sucinta, serão retratados todos os sinais de entrada e saída para o PLC (Controlador Logico Programável).

4.1 Movimento do veio principal

No tear Multiaxial é necessário verificar se a operação de transferência do fio vindo das diagonais foi corretamente efetuada. Para tal é necessário conhecer a posição em que este efetua a transferência. Por cada rotação do veio principal em determinada posição, a máquina efetua a transferência do fio, logo pode concluir-se que efetua a transferência do fio volta a volta na mesma posição.

Neste tear, também é necessário verificar se a inserção da trama está a ser efetuada corretamente, para isso, durante a execução do movimento da pinça é necessário verificar se existe quebra de fio sendo que, esta deteção ocorre num intervalo de rotação do veio principal.

A solução encontrada para o movimento do veio principal consiste na aplicação de um encoder onde será necessário implementar sensores para a deteção pretendida, conciliando estes com o encoder.

4.1.1 Encoder

Um encoder é um transdutor de posição que fornece um valor digital para um movimento linear ou angular, este valor digital pode ser transformado em informação binária, para de uma certa forma ser trabalhada no computador ou no autómato, de forma o configura-lo em variáveis do tipo distancia, posição angular, velocidade, entre outros.

Quanto ao tipo de encoders existem dois tipos:

- Incremental
- Absoluto

O encoder será o responsável pela correta posição da transferência das diagonais e também pela inserção da trama. Na figura seguinte (Figura 4.1) estão visíveis dois parafusos de rosca quadrada, um a rodar no sentido positivo e o outro no sentido contrário. Por cada rotação dos parafusos de rosca quadrada sai um fio de cima e entra em baixo, e do lado oposto sai em baixo e entra em cima. Esta transferência de fio é acionada por cames em que estas acionam uma barra com uma espécie de “gancho” que pega no fio e o coloca no sitio correto. Onde o fio entra (circulo azul, Figura 4.1), é necessário verificar se este ficou devidamente colocado, esta verificação será efetuada com o encoder e dois sensores, em que por cada volta efetuada do veio principal, na devida posição angular o encoder emitirá um sinal ao autómato e o autómato verifica se nesse momento o sensor está a detetar o fio, em caso de o sensor não detetar o autómato para a máquina.

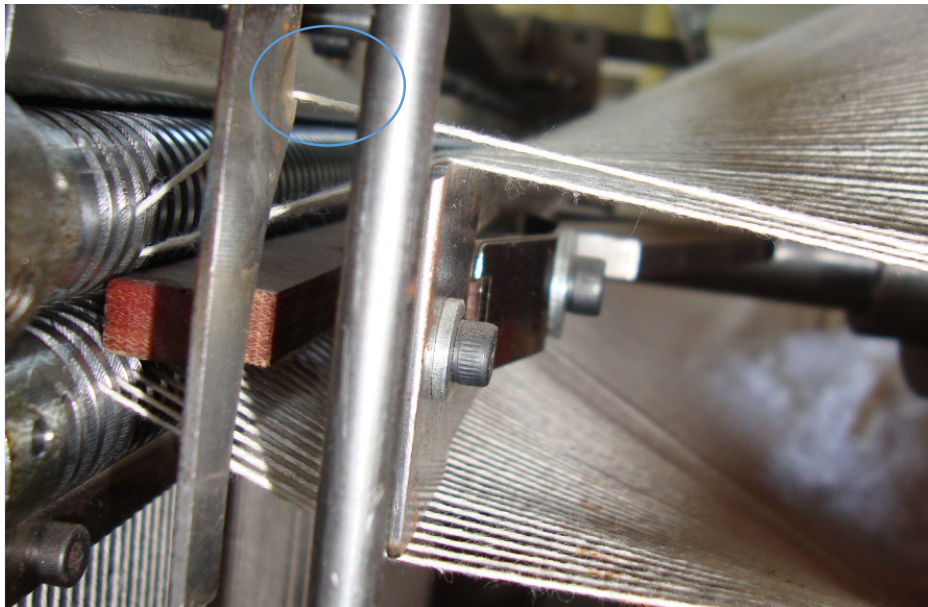


Figura 4.1 – Movimento de transferência do fio das diagonais

A inserção da trama (fio de cor verde) visualizada na Figura 4.2 é inserida por uma pinça que se desloca para a direita e regressa ao seu estado inicial. A pinça executa movimento apenas quando a cala está aberta, ficando no seu estado inicial até à abertura da cala. Sabendo a posição em que a pinça é acionada até ao início do retorno é necessário criar uma condição que consiste em verificar se no acionamento do avanço da pinça existe quebra de fio na trama. Quando a pinça recua não extrai fio do pré alimentador da trama.

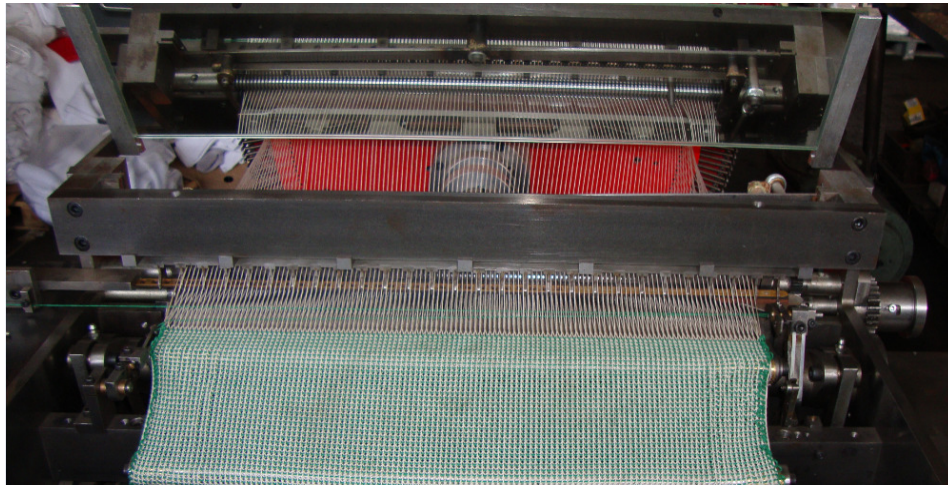


Figura 4.2 – Inserção da trama

4.1.2 Encoder absoluto

A principal diferença do encoder absoluto em relação ao encoder incremental é que as posições do disco do encoder absoluto já estão codificadas em binário, variando entre 8, 10, 12, 16 bits. O princípio de funcionamento de encoder absoluto (Figura 4.3) baseia-se num disco que efetua movimentos de rotação, este disco encontra-se preenchido com zonas transparente e opacas fazendo assim interrupções ao feixe de luz captado pelos fotorrecetores, os impulsos luminosos são transformados em impulsos elétricos sendo depois tratados e transmitidos pela eletrónica de saída.

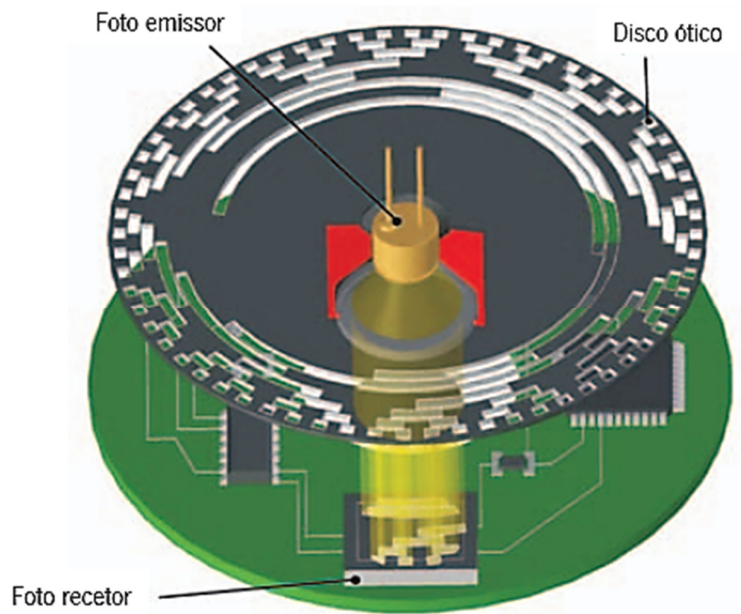


Figura 4.3 – Princípio de funcionamento do Encoder Absoluto [9]

O código de saída de um encoder absoluto pode ser código binário, gray code (código gray) ou BCD (binary coded decimal).

A grande diferença entre o código binário e o código gray olhando para a Tabela 4-A, na transição decimal de três para a quatro, em binário houve três alterações do estado de bit de (00011) para (00100), isto é, nesta transição houve três mudanças significativas de bit e uma leitura efetuada pelo PLC poderia resultar num possível erro.

O código gray neste sentido bem assegurar que em todas as transições apenas existe uma mudança significativa de bit.

Tabela 4-A – Códigos de saída [10]

Decimal	Binary	Gray	Gray remainder 14	BCD			
				10	1		
0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0		0 0 0	0 0 0 0	0	0
1	0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 1		0 0 0	0 0 0 1	0	1
2	0 0 0 1 0	0 0 0 0 1 1		0 0 0	0 0 1 0	0	0
3	0 0 0 1 1	0 0 0 0 1 0		0 0 0	0 0 1 1	0	1
4	0 0 1 0 0	0 0 0 1 1 0		0 0 0	0 1 0 0	0	0
5	0 0 1 0 1	0 0 0 1 1 1		0 0 0	0 1 0 1	0	1
6	0 0 1 1 0	0 0 0 1 0 1		0 0 0	0 1 1 0	0	0
7	0 0 1 1 1	0 0 0 1 0 0		0 0 0	0 1 1 1	0	1
8	0 1 0 0 0	0 0 1 1 0 0		0 0 0	1 0 0 0	1	0
9	0 1 0 0 1	0 0 1 1 0 1		0 0 0	1 0 0 1	1	1
10	0 1 0 1 0	0 0 1 1 1 1		0 0 1	0 0 0 0	0	0
11	0 1 0 1 1	0 0 1 1 1 0		0 0 1	0 0 0 1	0	1
12	0 1 1 0 0	0 0 1 0 1 0		0 0 1	0 0 1 0	0	0
13	0 1 1 0 1	0 0 1 0 1 1		0 0 1	0 0 1 1	0	1
14	0 1 1 1 0	0 0 1 0 0 1	0 0	0 0 1	0 1 0 0	0	0
15	0 1 1 1 1	0 0 1 0 0 0	0 1	0 0 1	0 1 0 1	0	1
16	1 0 0 0 0	0 1 1 0 0 0	0 2	0 0 1	0 1 1 0	1	0
17	1 0 0 0 1	0 1 1 0 0 1	0 3	0 0 1	0 1 1 1	1	1
18	0 1 0 0 1 0	0 1 1 0 1 1	0 4	0 0 1	1 0 0 0	1	0
19	0 1 0 0 1 1	0 1 1 0 1 0	0 5	0 0 1	1 0 0 1	1	1
20	0 1 0 1 0 0	0 1 1 1 1 0	0 6	0 1 0	0 0 0 0	0	0

Na Figura 4.4 está presente um exemplo de um disco codificado em código gray e um disco codificado em código binário.

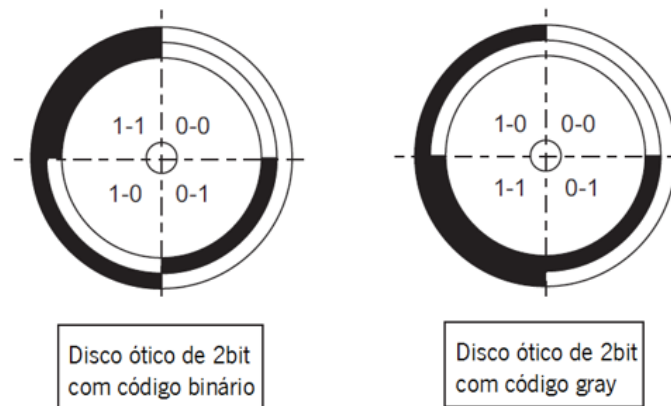


Figura 4.4 – Codificação no disco código gray e binário [9]

Com o código gray também é necessário ter em atenção ao número de impulsos por volta a utilizar no encoder, isto é, supondo que são 14 impulsos, o número inicial é o zero (000000) e o final é o treze (001011), na passagem de treze para zero existem 3 mudanças de bit em código gray o que implica a utilização da equação 4-1 para saber onde começa e finaliza o ciclo.

$$N = \frac{2^n - \text{IMP}}{2} = \frac{2^4 - 14}{2} = 1 \quad 4-1 [9]$$

Onde:

N = Número onde começa o ciclo

IMP = Número de impulsos por volta (apenas impulsos pares)

n = numero de impulsos de potência 2 imediatamente superior a IMP

O início do ciclo, para catorze impulsos por rotação é a posição um (000001) e o fim do ciclo é catorze (001001), assim na passagem de catorze para um existe apenas uma transição de bit. Os encoders absolutos podem ser de dois tipos multi-volta ou de volta a volta (singleturn).

Como vantagem estes tem o facto de não necessitar de ponto zero, pois o sistema reconhece a posição atual imediatamente após a sua inicialização. O encoder incremental necessita do ponto zero de referência, isto é, quando se corta a alimentação e se volta a ligar novamente o sistema de controlo que faz a sua leitura deve por este na sua posição de referência, estando no seu ponto de referencia este determina a sua posição e começa a partir desse ponto a contar o número de passos.

A maior desvantagem do encoder absoluto é o facto do seu preço elevado quando comparado ao encoder incremental.

4.1.3 Estruturas de suporte do Encoder

Para a aplicação do encoder no tear multiaxial será necessário elaborar dois componentes para a estrutura de suporte do encoder e adquirir um acessório de fixação flexível (Figura 4.5), este acessório é o elemento de ligação flexível entre o veio do encoder e o veio correspondente à máquina.

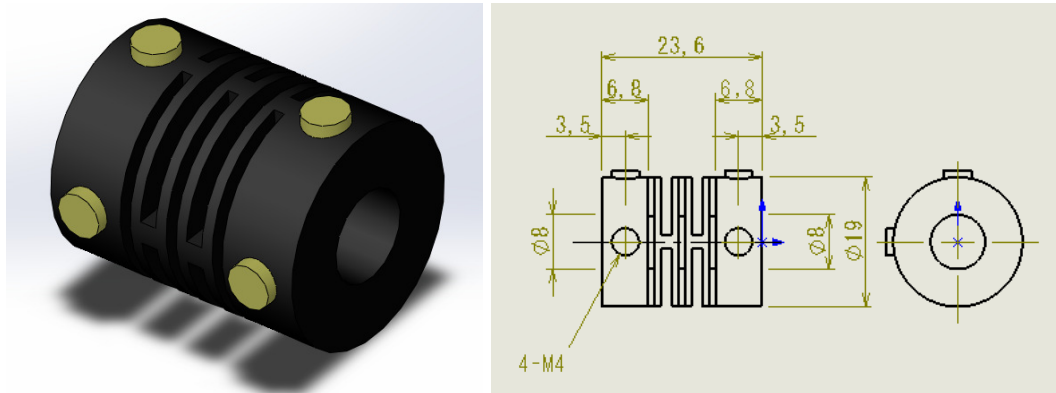


Figura 4.5 – Acessório de fixação flexível (OMRON E69-C08B) [10]

Para ligar o acessório de fixação flexível à máquina é necessário maquinar o veio principal da máquina (retirar informação da rotação) com as medidas do acessório flexível. Esta operação está presente na Figura 4.6.

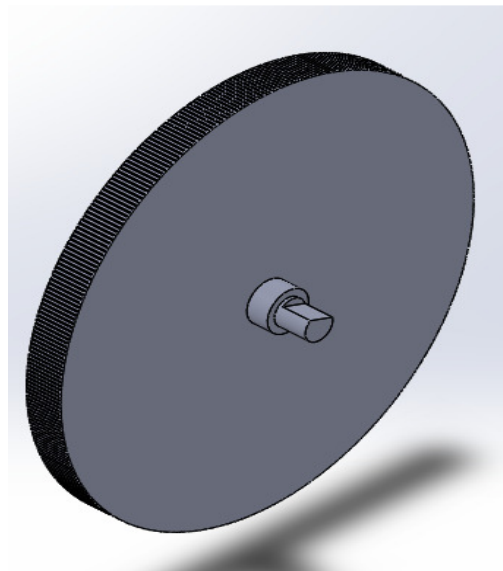


Figura 4.6 – Movimento do veio principal

Com tudo isto tem-se que fixar o encoder à estrutura da máquina para que o encoder não rode sobre si próprio. Foi necessário criar uma estrutura de fixação entre Encoder – Máquina. Esta estrutura está concebida para ajustar a posição inicial do encoder, esse ajuste é manual e a zona

de ajuste pode ser visualizada pelas linhas azuis na Figura 4.7 do lado esquerdo. Na parte direita da figura encontra-se o tripé (1 de 3 partes) de fixação entre o encoder e a estrutura da máquina, em que, este é inserido nas ranhuras da figura esquerda, onde apresenta furos com rosca interna.

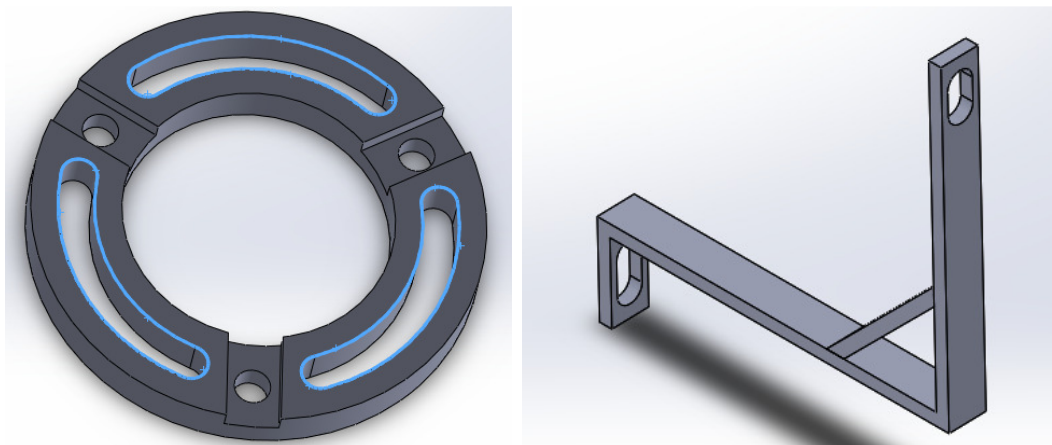


Figura 4.7 – Elemento de Fixação entre Encoder – Máquina

Para uma melhor visualização da estrutura de suporte do encoder é exemplificado na Figura 4.8 a montagem dos componentes necessários para a aplicação do encoder.

Relativamente às estruturas apresentadas e ao encoder selecionado as dimensões encontram-se no Anexo B.

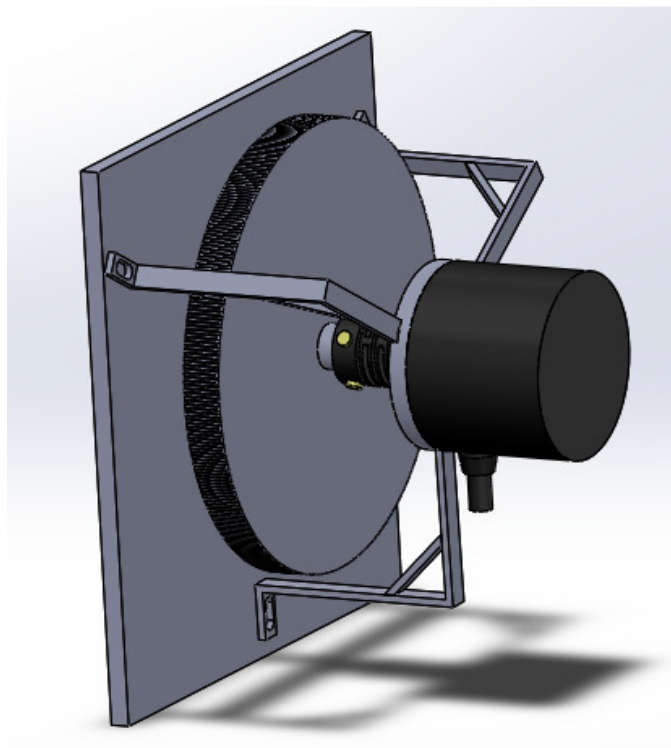


Figura 4.8 – Junção dos componentes de fixação do Encoder

A construção da estrutura de suporte do encoder é muito importante pois assim garante uma maior viabilidade e durabilidade do equipamento, quando este está devidamente colocado e alinhado.

4.1.4 Caraterísticas Encoder Absoluto

O encoder escolhido para a aplicação no tear multiaxial é um encoder absoluto da marca Omron (Figura 4.9) de 1024 passos por rotação. Estes 1024 passos implicam obrigatoriamente 10 entradas ($2^{10} = 1024$) ao PLC. Para determinar a resolução deste encoder é só dividir 360 (1 ciclo) por 1024, ficando assim com uma resolução aproximada de $0,35^\circ$ por passo.

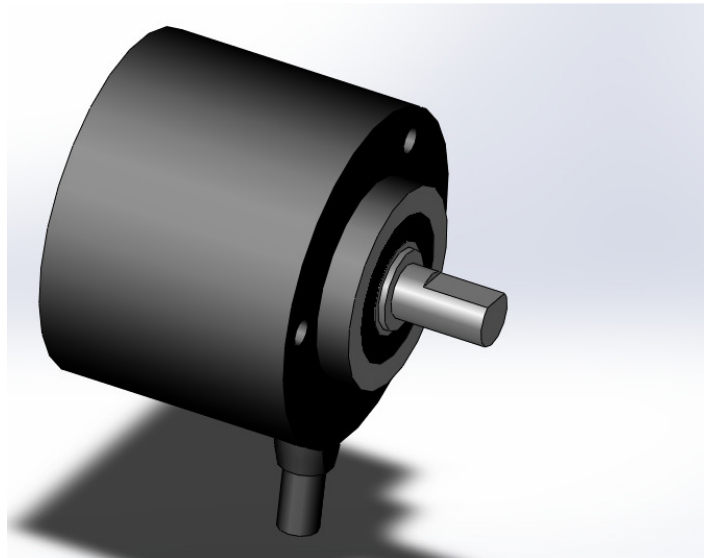


Figura 4.9 – Encoder Absoluto Omron [10]

Caraterísticas do encoder absoluto Omron:

- Modelo: E6C3 AG5B
- Tensão de alimentação de 12 a 24 VCC
- Forma de saída PNP
- Código gray de 1024 impulsos por rotação
- Diâmetro externo 50 mm
- Boa impermeabilidade (IP65f)

4.2 Detecção da transferência das Diagonais

No que diz respeito a detetar algo e monitorizar os sensores são muito importantes para automação. Os sensores são muito utilizados na obtenção de informações para o correto funcionamento de uma máquina. O sensor é um elemento responsável pela conversão de algum tipo de fenómeno físico em uma quantidade mensurável.

Neste tear multiaxial é necessário saber se a transferência do fio das diagonais foi corretamente efetuada, para isso, temos o encoder em que se vai tirar partido da posição dele e através do autómato, onde será verificado se o fio se encontra na posição pretendida do parafuso de rosca quadrada.

Para saber o se o fio se encontra na devida posição é necessário a implementação dos sensores, com estes sabemos se o fio se encontra ou não (deteta ou não deteta) na posição pretendida. Deste modo, o PLC estará programado para que quando o encoder se encontra na posição pretendida e os sensores não detetam o fio, a máquina pare, isto, fará com que não seja produzido defeito.

O material a detetar é o fio que é transportado nas diagonais, sendo que, para aplicar os sensores será necessário ter em causa o tamanho do sensor, pois este convém ser pequeno devido ao espaço disponível para a colocação.

Os sensores são usados para medir fenómenos físicos básicos do tipo:

- Aceleração (choque e vibração)
- Posição Angular/Linear
- Química/Concentração de Gás
- Humidade
- Caudal
- Força
- Campos magnéticos
- Pressão
- Proximidade
- Som
- Velocidade

Destes fenómenos descritos o que se pretende para o tear é um sensor de proximidade, este deve ser colocado muito perto do fio. Os sensores de proximidade estão divididos em quatro grupos:

- Sensores capacitivos (princípio da capacitância, detetam todos os materiais)
- Sensores indutivos (campo eletromagnético)
- Sensores fotoelétricos (emissão de luz e deteção de luz, todos os materiais)
- Sensores Ultrassons (Emite um sinal acústico em alta frequência que é refletido pelo objeto).

O tipo de sensor escolhido para implementação no tear foi o sensor capacitivo devido ao curto alcance podendo este detetar sem contacto a uma distância aproximada (em geral) de 0 a 20 mm, esta distancia varia com o tamanho do sensor em questão, de marca para marca tendo estes o mesmo tamanho podem ter alcances diferentes, cada marca diz qual o limite máximo e mínimo do sensor.

4.2.1 Sensores capacitivos

A principal vantagem do sensor capacitivo é poder detetar objetos metálicos e não metálicos, ao contrario do indutivo que só deteta objetos metálicos. Os sensores capacitivos não são tão precisos quanto os indutivos, além de serem mais sensíveis à variação do ambiente.

Para uma melhor perceção do funcionamento do sensor capacitivo é ilustrado na Figura 4.10 o princípio de funcionamento deste.

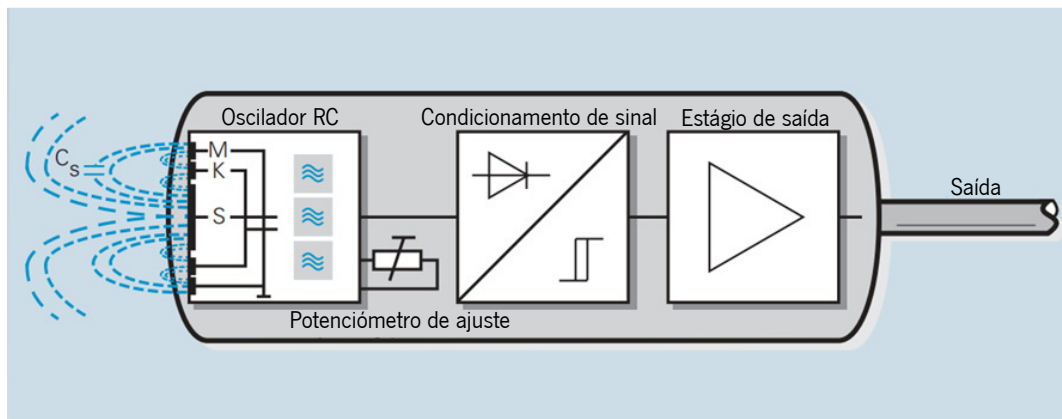


Figura 4.10 – Sensor Capacitivo Princípio de Funcionamento [11]

Os sensores capacitivos possuem um oscilador RC, que inicia quando a capacidade (C_s) do elemento sensor é afetada por um objeto externo, este objeto quanto mais se aproxima maior a amplitude da oscilação, esta oscilação altera de material para material devido à constante

dielétrica do material (K). A amplitude de oscilação pode ser ajustada com o potenciômetro, isto é, para um determinado material e uma determinada distância, com o ajuste do potenciômetro a amplitude pode ou não ser suficiente para a detetar o objeto. Na figura seguinte (Figura 4.11) temos uma figura do comportamento do sensor capacitivo em que um objeto é aproximado e afastado novamente, de notar que quando este se encontra sem objeto o oscilador não oscila.

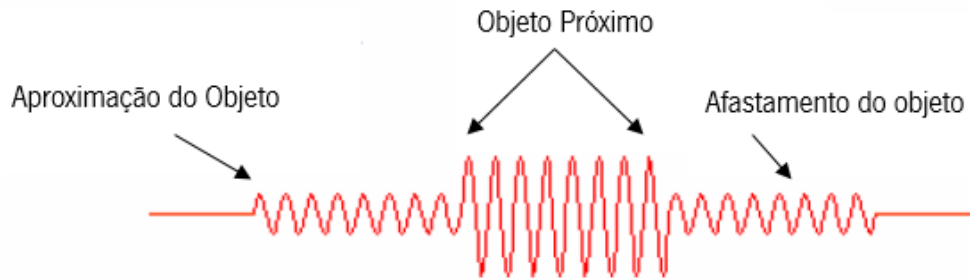


Figura 4.11 – Variação da oscilação face à presença do objeto [12]

4.2.2. Estrutura de Suporte

Para a elaboração da estrutura de suporte é necessário ter uma estrutura que permita ajustabilidade, isto é, a estrutura necessita de dois graus de liberdade (fase de ajuste), sendo o primeiro grau a parte superior que prende o sensor e liga à parte de fixação e o segundo grau a parte inferior que é fixa à estrutura da máquina, com isto, é criado um melhor ajuste da posição do sensor face ao fio a ser detetado.

Na Figura 4.12 está representada a estrutura de suporte do sensor capacitivo.

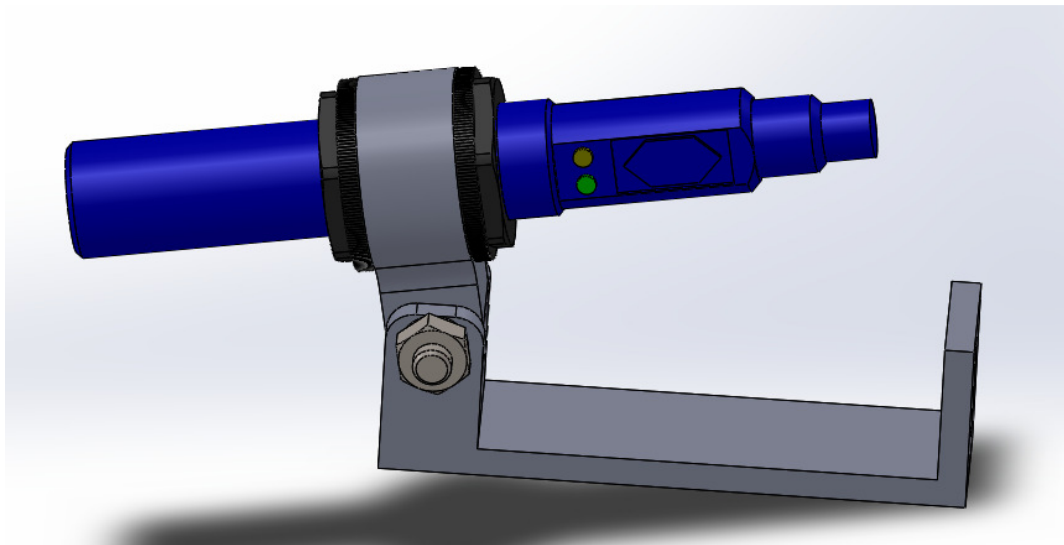


Figura 4.12 – Estrutura de suporte do sensor capacitivo

4.2.3. Caraterísticas do Sensor Capacitivo

O sensor capacitivo escolhido é da Marca SICK, o motivo da seleção deste produto foi devido ao seu tamanho, este sensor apenas apresenta um corpo cilíndrico roscado M12×1. As caraterísticas deste sensor estão apresentadas na Tabela 4-B.

O sensor apresenta dois sinais luminosos, o verde e o amarelo, o verde quer dizer que o sensor está alimentado e o amarelo indica que a saída está ativa.

No Anexo C estão apresentadas as medidas do sensor e do suporte do sensor

Tabela 4-B – Caraterísticas do Sensor capacitivo [13]

<p>Marca</p> 	
Modelo	CM12-08EBP-KC1
Corpo	Cilíndrico M12 x 1
Alcance Sensível	8 mm
Tensão de Alimentação	10 V...40 VCC
Frequência de Comutação	15 Hz
Tipo de saída	PNP, NPN
Número de Fios	4 Fios
Consumo de Potência	≤ 12 mA
Histerese	3%...20%
Repetibilidade	≤ 5%
Temperatura de Funcionamento	-20°C ... 85°C

4.3 Deteção das diagonais

No Tambor rotativo (Figura 4.13) do tear multiaxial, os fios das diagonais podem sofrer quebra ou pode também haver falta de alimentação e é necessário parar a máquina para não produzir defeito. Este Tambor é o principal responsável pela inserção das diagonais, estas diagonais encontram-se em rotação no tambor. Devido a esta rotação é necessário fazer a

transferência das diagonais. Este tambor para cada fio tem um mecanismo de tensionamento (autoria do Sr. António Costa) acionado por uma mola, cada vez que existe quebra de fio o mecanismo levanta no sentido de dentro para fora do cilindro.

De notar que todo o tambor rotativo deve permanecer devidamente tencionado, não sendo fácil de elaborar devido ao movimento rotativo que este tambor apresenta. Toda a mecânica inserida na máquina foi elaborada na empresa Pina & Maia com a exceção das cames conjugadas.

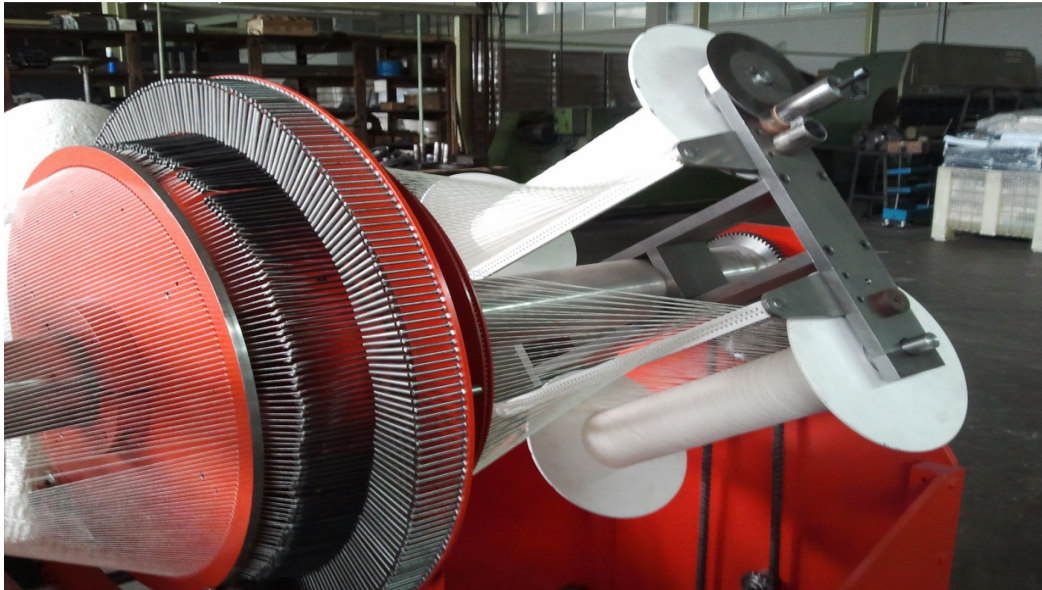


Figura 4.13 – Tambor rotativo das Diagonais

Se não houver quebra de fio no cilindro das diagonais o mecanismo tensor permanece na horizontal, havendo quebra de fio este levanta. Para a deteção de quebra de fio, foi considerado a elaboração de um aro fixo à estrutura do tear. Este aro, é projetado para quando existir quebra de fio, o mecanismo tensor levante e entre em contacto direto com o aro, dando o sinal ao autómato para parar. Na Figura 4.14 está visível o mecanismo tensor com uma quebra de fio, isto é, devido à quebra de fio deixou de haver força provocada no mecanismo, onde a mola voltou à sua posição inicial arrastando consigo o mecanismo tensor.



Figura 4.14 – Visualização do mecanismo tensor com quebra de fio

4.3.1 Aro de Contacto

O principal objetivo do aro de contacto é enviar um sinal para o autómato quando existe quebra de fio pelo contacto direto do mecanismo com o aro de contacto.

O aro de contacto vai estar preso à estrutura da máquina, mas terá de estar eletricamente isolado da estrutura da máquina. Na Figura 4.15 temos o aro em estrutura tubular e dividido a 180°, nesta divisória são aplicados suportes de parafuso soldados à estrutura tubular. No lado direito da figura é possível visualizar um tubo preto em material polimérico que será o principal responsável pelo isolamento elétrico do sistema.

O sistema do aro de contacto é normalmente aberto e quando existe quebra de fio nas diagonais o sistema fica normalmente fechado enviando assim, o sinal para o autómato que fará parar o tear.

As uniões do aro de contacto devem garantir que não contenha na parte interior do aro relevos ou arestas salientes, devido ao contacto que o mecanismo tensor efetua quando a máquina está em rotação.

As dimensões referentes ao aro de contacto encontram-se em Anexo D

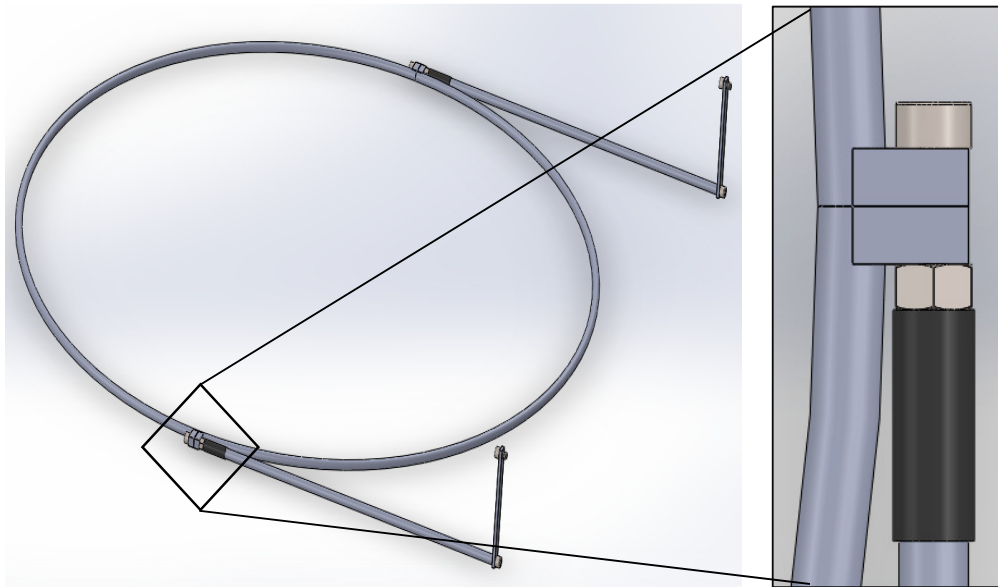


Figura 4.15 – Aro de Contacto

4.4 Detecção da trama

A alimentação da trama é feita por um alimentador da Marca Chrono X2 (Figura 4.16), a função deste alimentador é deixar desenrolar o fio com uma determinada tensão. Este aparelho está concebido para quando a pinça do tear puxar o fio de uma forma suave ou mais brusca, este desenrola o fio por forma a permanecer tencionado.

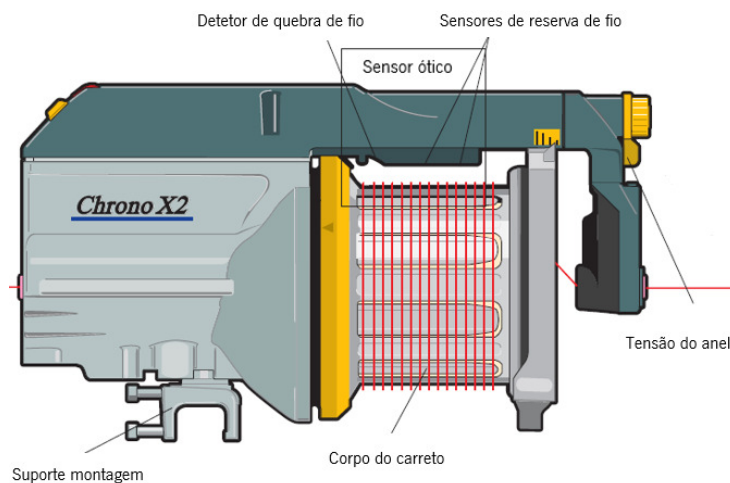


Figura 4.16 – Alimentador da Trama [14]

O alimentador da trama deteta a falta de fio quando este acaba, mas se houver quebra de fio entre o alimentador da trama e a pinça do tear, este não deteta a quebra, simplesmente permanece parado pois o fio não está a ser tracionado. De uma forma geral este alimentador da

trama terá que mandar um sinal ao PLC quando este estiver sem fio, para o PLC parar imediatamente o movimento do motor elétrico.

Entre o alimentador e a pinça é necessário inserir um componente que detete se existe quebra de fio aquando o movimento da pinça. Numa primeira fase foi considerado aplicar um fim de curso em que teria de ser feita uma estrutura de suporte para este. O fim de curso teria de ser aplicado de maneira a manter o fio tencionado e quando o fio não estivesse tencionado (existência de quebra) teria que disparar. O acionamento do fim de curso é através de uma mola e esta mola teria de ser ajustada para cada material o que seria inconveniente, também podia provocar paragens não necessárias.

Uma alternativa mais viável é a utilização de um sensor que detete o movimento do fio quando a pinça insere a trama. O movimento do fio deve ser detetado com a pressão ou a tensão que este provoca ao passar no sensor. A condição necessária para a paragem, é no movimento em que a pinça puxa o fio e sensor não detete, a máquina tem que parar. Para isto será necessário a ajuda do encoder em que facultará a sua posição ao autómato, e o autómato valida ou não a operação.

4.4.1 Falta de fio no Pré Alimentador da Trama

O pré alimentador da trama deteta a falta de fio quando este acaba devido ao sensor ótico. Este sensor é o principal responsável pelo desenrolamento do fio. O sensor ótico sabe quando o fio é puxado e dá ordem para desenrolar a uma determinada velocidade. A velocidade de desenrolamento é determinada pelos dois sensores de reserva de fio (Figura 4.16).

Quando é dada a ordem para desenrolar existe um terceiro sensor que sabe se há ou não presença de fio. Não havendo presença de fio é necessário parar o tear.

A caixa de controlo do pré alimentador na parte interior é possível configurar o sinal a fornecer ao PLC, podendo este ser normalmente aberto ou normalmente fechado. Na Figura 4.17 pode ser visualizado que este se encontra normalmente aberto, isto é, quando existe quebra de fio no pré alimentador da trama este fecha o circuito.

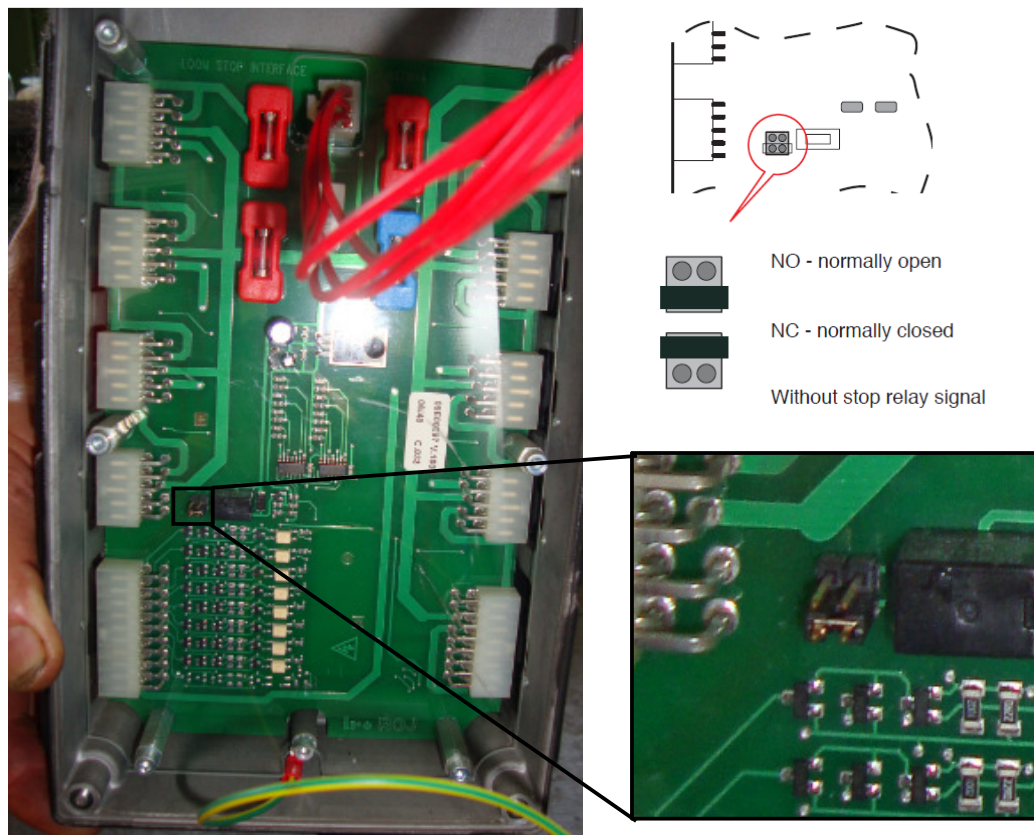


Figura 4.17 – Caixa de controlo (parte interior)

Sabendo que o pré alimentador em funcionamento sem quebra de fio se encontra normalmente aberto é necessário saber qual o local onde retirar a informação para fornecer ao PLC. Na Figura 4.18 está representado o local onde retirar o sinal para fornecer ao PLC.

No capítulo 5 será abordado o esquema de ligação a efetuar ao PLC.

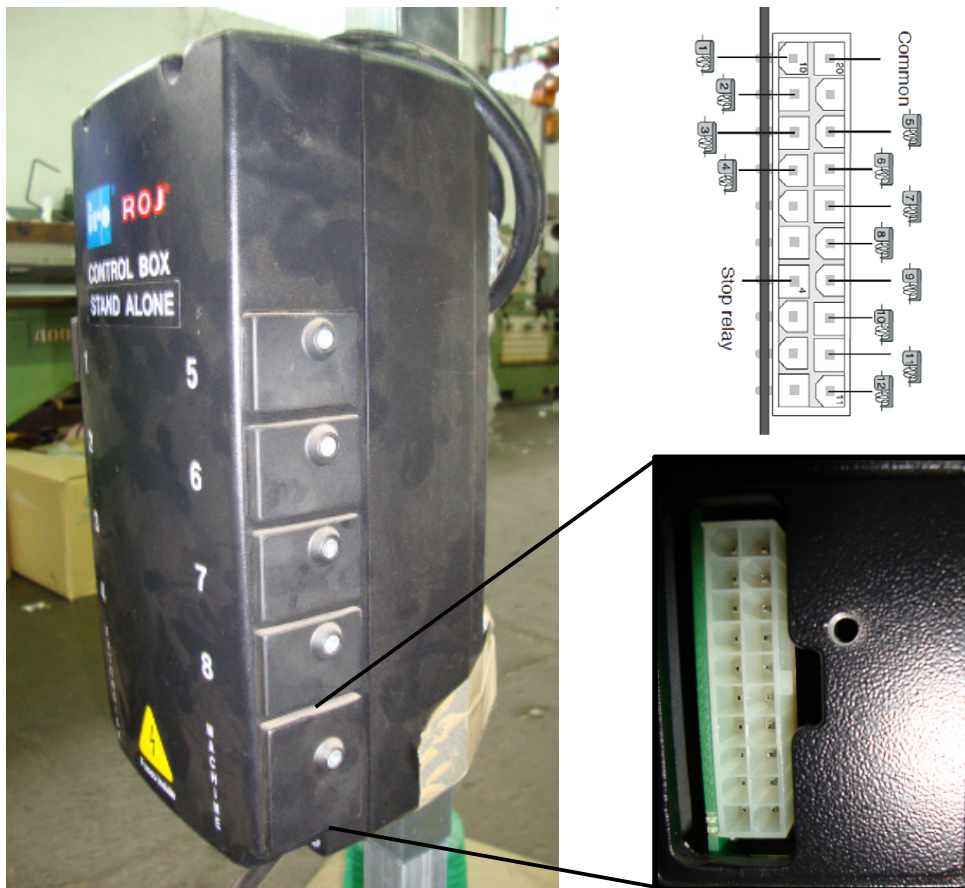


Figura 4.18 – Caixa de controlo, terminais de ligação

4.4.2 Sensor Piezoelétrico

O efeito Piezoelétrico é gerado por uma carga elétrica de um material cristalino quando sujeito a pressão. A palavra piezo deriva do Grego “piezen” e esta significa pressão.

Os sensores piezoelétricos medem determinados parâmetros físicos, que estão na forma de tensão mecânica ou variações de cargas elétricas. Com aplicação de tensão mecânica, há o aparecimento de um potencial elétrico e quando a tensão aplicada for de natureza elétrica existe uma deformação física.

Dependendo da conceção de um sensor, existem maneiras diferentes de polarização sobre o elemento piezoelétrico que podem ser usados (eles podem ser comprimidos transversalmente, longitudinalmente ou com deslocamentos em planos diferentes, mantendo o volume constante).

Na Figura 4.19 estão visualizados os tipos materiais constituintes dos piezoelétricos.

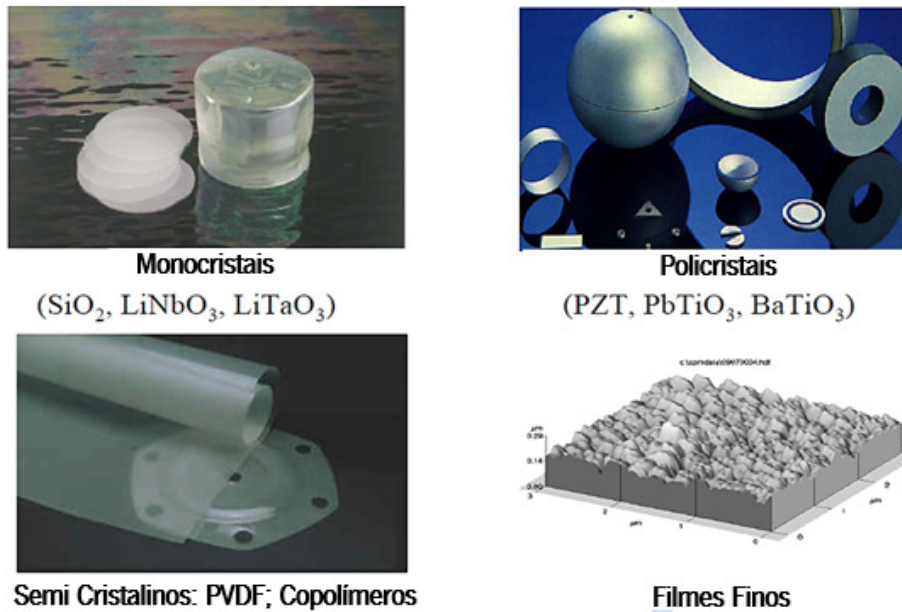


Figura 4.19 – Materiais Piezoelétricos [15]

Para captar uma carga elétrica, os eléktodos condutores devem ser aplicados ao cristal nos lados opostos do corte (Figura 4.20). Como resultado, um sensor piezoelétrico torna-se um condensador com material dielétrico, que é um cristal piezoelétrico. O dielétrico atua como um gerador de carga elétrica, o que resulta em tensão (V) nos terminais do condensador. Embora a carga no dielétrico cristalino seja formada onde a força atua, os eléktodos metálicos equalizam cargas ao longo da superfície, fazendo com que o condensador não seja tão vulnerável à sensibilidade.

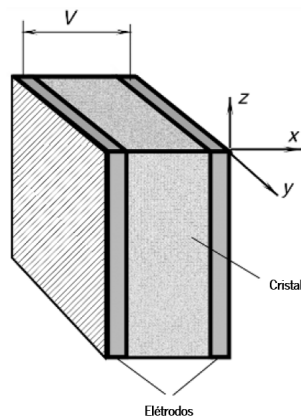


Figura 4.20 – Formação do Sensor piezoelétrico pela aplicação de eléktodos [16]

4.4.3 Características do Sensor Piezoelétrico

O sensor lecionado para a deteção da trama foi o sensor com princípio piezoelétrico da marca Eltex (Figura 4.21). Este sensor é fabricado na Suécia e são feitos exclusivamente para deteção da quebra de fio em máquinas de tecer.

Este sensor apenas quando o fio entra em movimento passa a ON (deteta), ficando em repouso este permanece no estado OFF (não deteta).

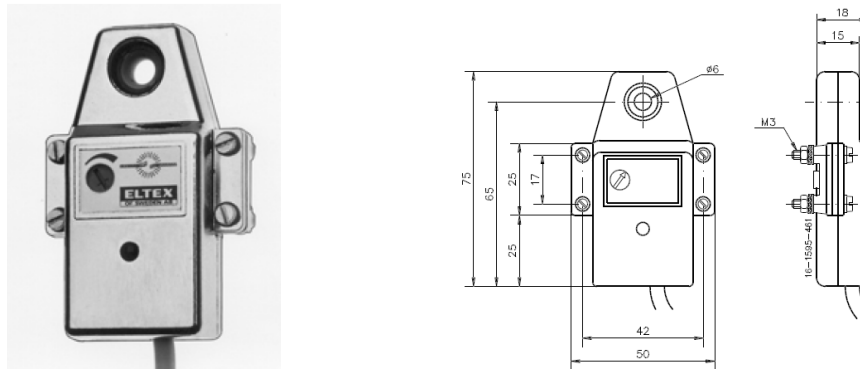


Figura 4.21 – Sensor Eltex [17]

Este sensor apresenta as seguintes características:

- Marca: Eltex
- Modelo: 16560
- Orifício para a deteção do fio em cerâmica
- Fonte de alimentação: 24 VCC
- Saída: Opto acopladora
- Sensibilidade de deteção ajustável através do potenciómetro
- O fio deve estar colocado de forma a fazer um ângulo entre 10° e 15°

4.5 Deteção da teia

Já foram abordadas as diagonais e a trama, relativamente à teia do tear multiaxial, esta pode ser facilmente detetada pela aplicação de um quebra-teias (Figura 4.22). Os quebra-teias podem ser mecânicos (Tipo M) ou elétricos (Tipo E), relativamente ao elétrico este é constituído por dois componentes denominando-se o primeiro por serra ou barra de contacto e o segundo por lamelas. A serra de contacto é montada no sentido perpendicular à teia sendo que esta se encontra fixa à estrutura da máquina. Para cada fio da teia é necessário uma lamela, a lamela tem uma zona específica para passagem do fio e uma outra zona para aplicar na serra. Com o fio devidamente tencionado a lamela encontra-se “levantada”, quando existe quebra de fio a lamela

cai por ação da gravidade ao cair entra em contacto com a serra acionando um contacto elétrico responsável pela paragem do tear.

O contacto elétrico causado pela ação da lamela ao tocar na serra será uma entrada do autómato em que este recebendo o sinal parará a máquina e referenciará onde ocorreu a avaria através de um sinal luminoso.



Figura 4.22 – Exemplo de um quebra-teias [18]

4.5.1 Estrutura de suporte das lamelas (quebra-teias)

Para controlar a deteção da teia no tear multiaxial é necessário aplicar uma estrutura de suporte na teia do tear. O sítio correspondente à aplicação da estrutura de suporte do quebra-teias está ilustrado na Figura 4.23.

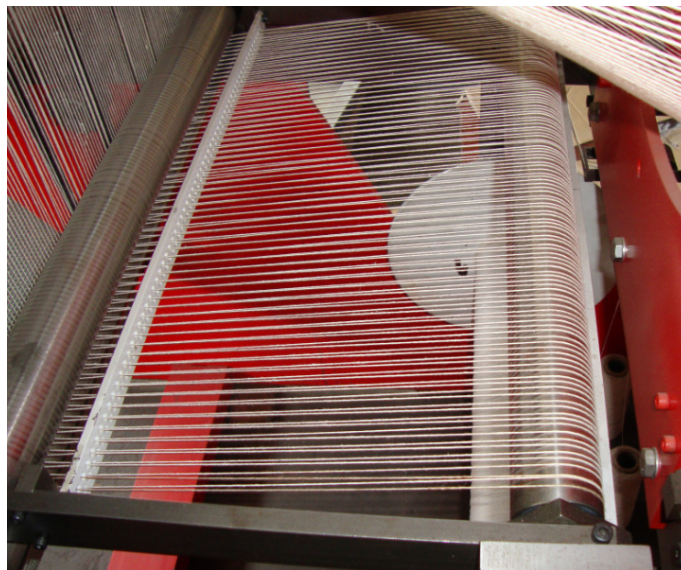


Figura 4.23 – Local para aplicar o Quebra-Teias

Segundo a GROZ-BECKERT (empresa alemã de produtos para teares) existem três tipos de estruturas para deteção de teia no tear. Os modelos podem apresentar oito, seis (Figura 4.24) ou duas serras de contacto. O modelo visualizado apresenta componentes de indicador ótico para a quebra de fio de cada serra de contato em que pode ser ajustada a velocidade de resposta devido ao processador acoplado. No Anexo E1 estão especificados os diversos quebra-teias.



Figura 4.24 – KFW 5600 [18]

O modelo selecionado para o tear multiaxial é o KFW 4200-1 com duas serras de contacto.

4.5.2 Lamelas

A seleção das lamelas é um fator muito importante, sempre que existe quebra de fio estas acionam diretamente a serra de contacto. Para cada máquina de tecer e para cada tipo de fio é necessário dimensionar as lamelas que vão ser aplicadas. As lamelas podem ser de dois tipos, fechadas ou abertas. Na Figura 4.25 estão visualizadas as lamelas, em que na parte superior encontra-se uma lamela aberta e parte inferior uma lamela fechada. Todas as lamelas possuem um olhal (formato tipo U), este serve para a passagem do fio. Em Anexo E2 estão representadas os vários tamanhos de lamelas segundo a norma ISO 441 e 1150.

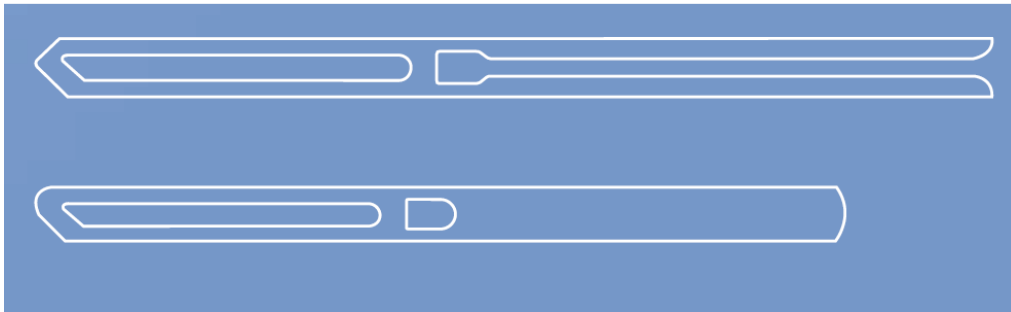


Figura 4.25 – Tipos de Lamelas [18]

Para uma melhor visualização do funcionamento do conjunto da serra de contacto e da lamela na figura seguinte (Figura 4.26) está representado a colocação da lamela no fio da teia se existir quebra de fio a lamela desce e emite um sinal elétrico, de notar que este esquema possui seis serras de contacto.

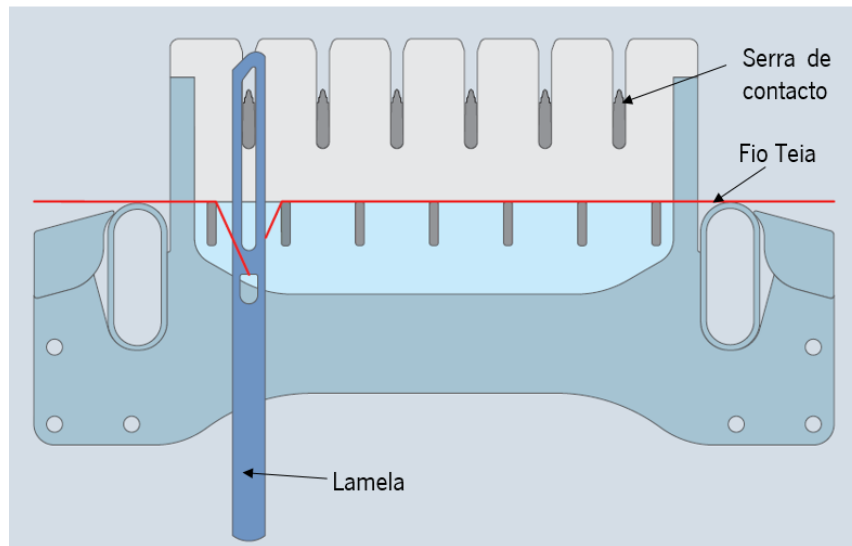


Figura 4.26 – Mecanismo Quebra-Teias [18]

4.6 Botoneiras

Para comutar o tear é necessário inserir botoneiras que são de uma certa forma as responsáveis por ligar/desligar o tear multiaxial. As botoneiras vão enviar sinais ao autómato programável e este vai gerir toda a máquina e interferir em caso de anomalia.

Sendo assim é necessário a aquisição de um start (verde), um stop (vermelho), um interruptor de pressão amarelo, interruptor de pressão azul, um corte geral, um contactor, um relé para corrente contínua e um botão de emergência.

4.6.1 Start e Stop

Para acionar o motor é necessário um botão para enviar o sinal ao autómato, este sinal fica preservado no autómato através da função Keep. Sendo assim, não é necessário um interruptor com encravamento mecânico mas sim um interruptor de pressão que após ser premido volte à sua posição inicial. O botão escolhido para inicializar a máquina (start) é da marca Omron e terá a cor verde, quando pressionado em condições normais a máquina acenderá uma luz verde que será referenciada na saída do autómato na parte do circuito elétrico.

A paragem da máquina será realizada com um interruptor de pressão da cor vermelha (stop), estando a máquina em funcionamento, para fazer uma paragem normal basta pressionar o botão vermelho e o keep acionado passa a zero, imediatamente a seguir será ligada uma luz vermelha que está referenciada no esquema do autómato no capítulo 5.

Na Figura 4.27 estão ilustrados os interruptores de pressão start e stop, o código para a aquisição do botão vermelho é A22-GR-10M e para o verde é A22-GG-10M, ambos os interruptores encontram-se normalmente abertos (NA) e não possuem luz.

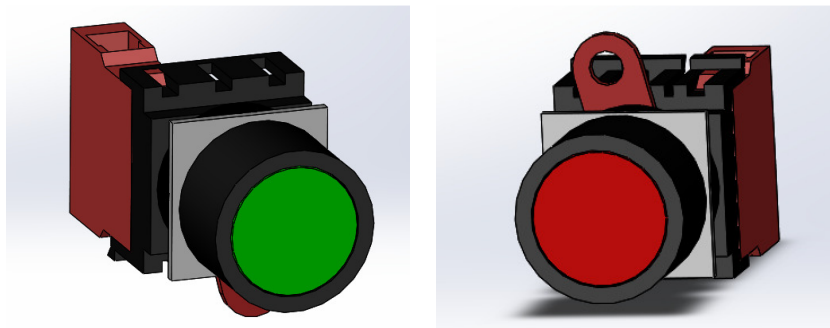


Figura 4.27 – Start e Stop [10]

4.6.2 Interruptor de pressão Amarelo com sinal Luminoso

Realizado o programa ladder o interruptor de pressão amarelo é extremamente importante para o funcionamento do tear. Este é apenas utilizado quando o tear apresenta uma paragem devido a uma anomalia encontrada, isto é, o tear quando está parado apresenta uma luz vermelha, mas quando apresenta anomalia além da luz vermelha apresenta uma outra luz que diz respeito à respetiva anomalia registada pelo autómato.

O botão amarelo tem com ele acoplado uma luz que na ausência de anomalia encontra-se ligada, sendo que sempre que esta luz se encontra desligada é necessário pressionar o interruptor para ligar novamente a luz. De uma forma sucinta, quando o tear se encontra parado devido à quebra de fio, à falta de alimentação da trama ou ao incorreta transferência das diagonais,

pressionando o botão start, o tear não inicia movimento pois é necessário apagar a luz de anomalia com o botão amarelo, apagando a luz de anomalia com o botão amarelo, este fica ligado e o tear apenas apresenta a luz vermelha. Nestas condições o tear está pronto para ser acionado com o start.

O interruptor de pressão selecionado (Figura 4.28) é da Marca Omron e o código de aquisição é A22L-GY-24A-10M, a luz incorporada é de 24V.

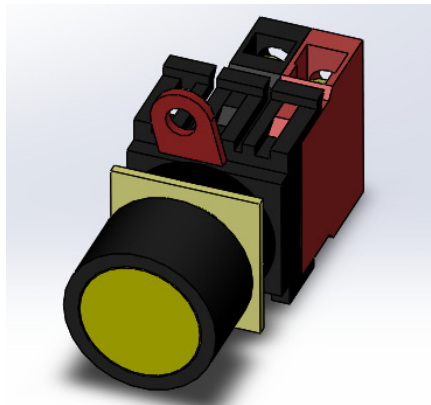


Figura 4.28 – Interruptor de pressão amarelo com sinal luminoso [10]

Para a aplicação destes três interruptores de pressão é necessário uma caixa de proteção de três furos (Figura 4.29) com o código A22Z-B103.

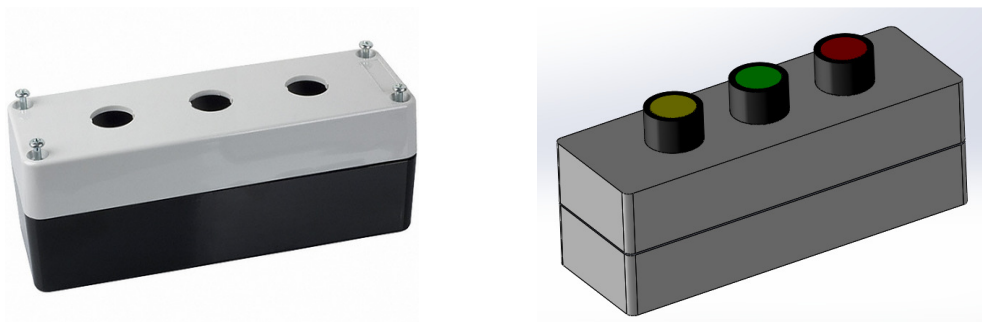


Figura 4.29 – Caixa de Proteção de 3 Furos [10]

4.6.3 Interruptor de pressão Azul

O interruptor de pressão azul é usado para ativar o contactor através do autómato que envia o sinal para um relé. Após ligar o geral a máquina encontra-se sem tensão, isto é, não existe nenhum sinal luminoso referente à máquina. Pressionando o interruptor de pressão azul (Figura 4.30) a máquina vai ficar com tensão devido ao sinal que o autómato recebeu e enviou para atracar o contactor, neste momento a máquina encontra-se com a luz vermelha e a luz do interruptor amarelo ligada, pronta para receber a ordem de arranque.

Este botão foi adicionado devido à paragem de emergência, sempre que o botão de emergência for acionado será necessário pressionar novamente o interruptor de pressão azul.

O código de aquisição do interruptor de pressão azul é A22-GA-10M.

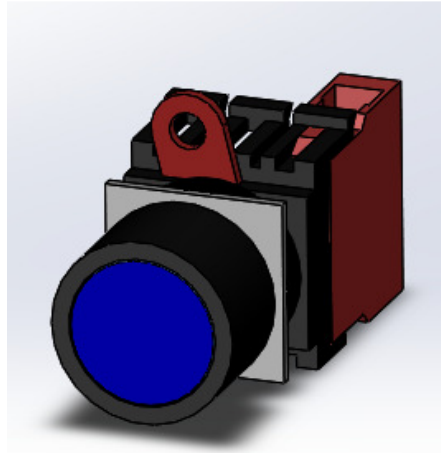


Figura 4.30 – Interruptor de Pressão Azul [10]

4.6.4 Emergência

O interruptor de paragem de emergência é essencial quando se pretende monitorizar máquinas, pois este deve estar colocado num local de fácil acesso para ser pressionado a qualquer momento pelo operário de maneira a precaver consequências no ser humano.

Acionando o interruptor de paragem de emergência a máquina tem que parar imediatamente de modo a evitar possíveis colapsos.

O interruptor de emergência está programado no reset da função keep (programa ladder) que ativa a tensão da máquina (fechar contactor), o que significa que quando se pressiona o interruptor de emergência, desatraca o contactor fazendo com que o variador, o motor elétrico e o pré alimentador da trama fiquem sem corrente. Com o botão de emergência pressionado o autómato envia um sinal intermitente (1segundo) na saída correspondente à Luz de Emergência.

O botão de emergência selecionado (Figura 4.31) é da marca Omron e apresenta o código A22E-M-01, a caixa de proteção é da cor amarela e está referenciada como A22Z-B101Y.

A saída do interruptor de emergência encontra-se normalmente fechada (NF) sendo que, é necessário negar a entrada do sinal de emergência na programação ladder, garantindo deste modo, o não funcionamento da máquina em caso de avaria no interruptor de paragem de emergência.

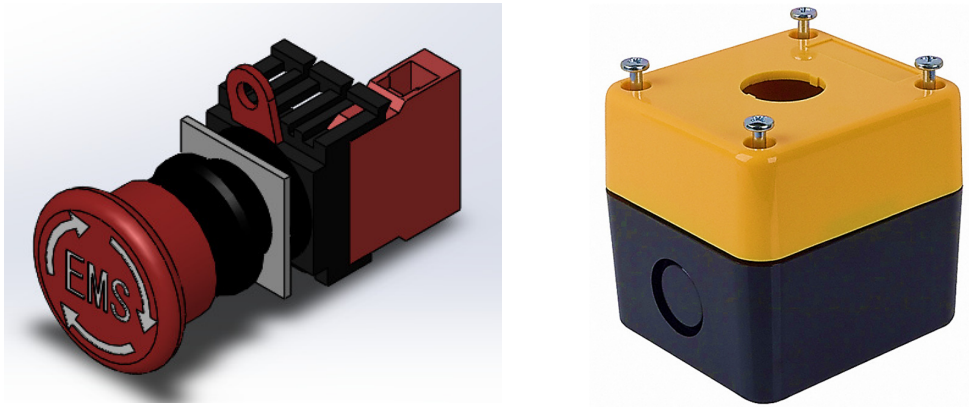


Figura 4.31 – Interruptor de Emergência e caixa de Proteção [10]

4.7 Motor Elétrico

O motor elétrico instalado no tear é um motor de indução trifásico da marca MarelliMotori de 0,75 kW, este motor com a mesma potência que um monofásico é mais leve e apresenta um custo inferior.

A velocidade do motor é em função da frequência da corrente de alimentação e do número de pares de polos. Sabendo que a velocidade nominal do motor (N_{NM}) é de 1385 r.p.m. sendo que a velocidade de sincronismo (N_{SM}) 1500 r.p.m. e a frequência da corrente é 50 Hz é possível determinar o número de pares de polos pela equação 4-2.

$$N_{SM} = \frac{f}{p} \times 60 \Leftrightarrow p = \frac{50}{1500} \times 60 = 2 \quad 4-2$$

Onde:

N_{SM} = Velocidade de sincronismo do motor [rpm, min^{-1}]

f = Frequência da corrente [Hz]

p = número de pares de polos magnéticos do motor

O número de pares de polos é 2, sendo que o número de polos é igual a 4. O deslizamento nominal (S_N) é dado pela seguinte equação 4-3.

$$S_N = \frac{N_{SM} - N_{NM}}{N_{SM}} = \frac{1500 - 1385}{1500} = 0.077 \quad 4-3$$

Então pode ser concluído que o deslizamento nominal do motor é de 7,7 %.

O motor trifásico pode ter dois tipos de rotor:

- Motor de rotor em Curto-Circuito ou Gaiola de Esquilo
- Motor de rotor Bobinado

4.7.1 Ligação em triângulo e ligação em estrela

Para os motores trifásicos existem duas formas de efetuar a ligação destes à rede, em triângulo (Δ) e em estrela (Y). Estas ligações podem ser conciliadas para efetuar o arranque do motor em que, até aproximadamente 80% da velocidade efetue o arranque em estrela e os restantes 20% em triângulo. A finalidade de efetuar um arranque em estrela-triângulo é atenuar a elevada corrente de arranque do motor, tentando minimizar as quedas de tensão provocadas à rede. Na Figura seguinte (Figura 4.32) estão exemplificados os tipos de ligação em triângulo e estrela. De referir que o motor estará comutado pelo variador de velocidade e este controla o motor através da frequência, fazendo variar esta controla o arranque e a velocidade do motor quando devidamente configurado.

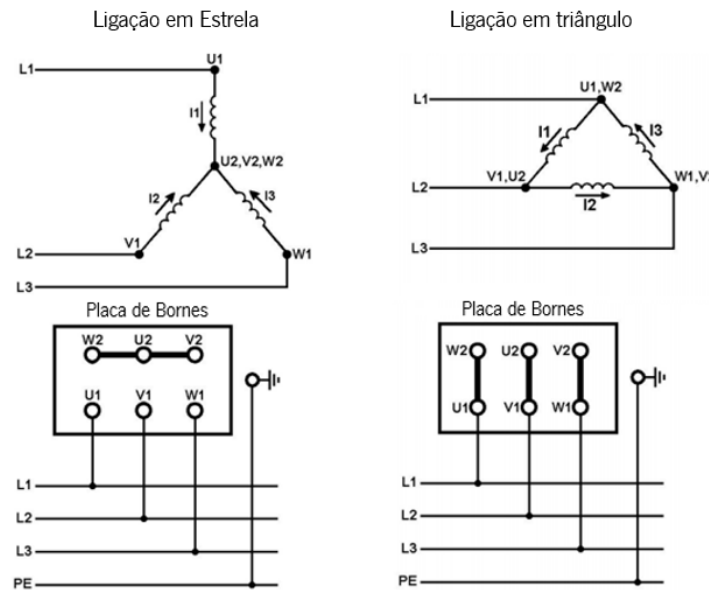


Figura 4.32 – Ligação em estrela e ligação em triângulo [19]

4.7.2 Placa de características e Bornes de ligação

O motor de indução trifásico está alimentado por um variador monofásico, o que implica que a ligação deste motor será em triângulo. Na Figura 4.33 estão representadas as propriedades do motor elétrico bem como os bornes de ligação em triângulo

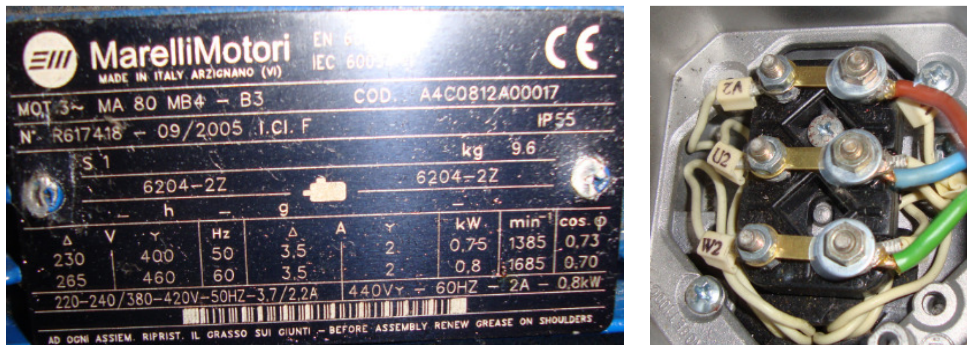


Figura 4.33 – Propriedades do motor de indução trifásico

4.8 Variador de Velocidade de Corrente Alternada (CA)

Os variadores de velocidade são aparelhos conversores de energia que permitem a partir de uma tensão ou corrente contínua a sintetização de tensão sinusoidal, variando a amplitude, frequência e fase, conseguindo assim uma melhor gestão no funcionamento de um motor elétrico.

Na Figura 4.34 encontra-se representado o princípio de funcionamento de um variador de velocidade.

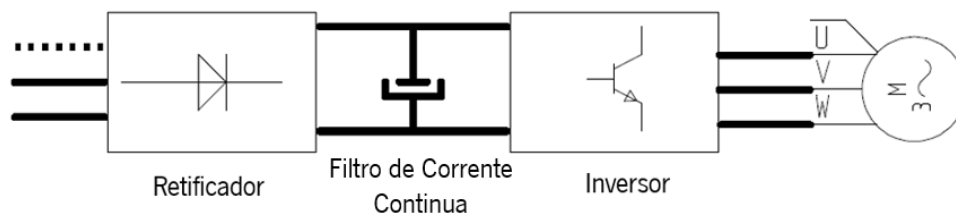


Figura 4.34 – Princípio de funcionamento de um Variador de velocidade de corrente alternada

Os variadores de velocidade estão classificados em três partes, a primeira parte é relativa à retificação de onda, a segunda é a filtragem em que se gera uma tensão contínua, a ultima parte é formação de uma onda sinusoidal a partir da tensão contínua.

4.8.1 Variador Commander SK

O variador que se encontra instalado no tear multiaxial (Figura 4.35) é um Commander SK do modelo SKA 1200075, a corrente de entrada de carga total típica é de 10,5 A (1 fase) e está conectado um motor trifásico de 0,75 kW.

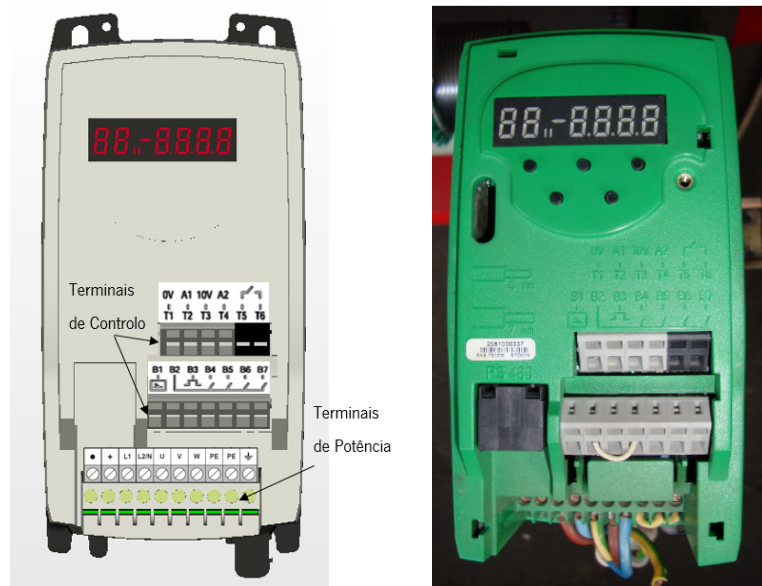


Figura 4.35 – Variador de Velocidade Commander SK [20]

O variador possui uma saída sempre ativa em funcionamento normal, em caso de avaria esta saída fica em aberto (Figura 4.36), o que implica que a saída de avaria do variador é normalmente aberta. Conectando a saída T5 à T6 e derivando uma entrada para o autómato é possível garantir que o autómato não inicie o sinal de arranque e emita uma luz de saída alertando anomalia no variador.

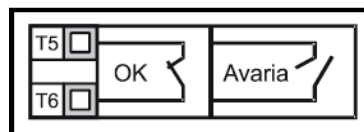


Figura 4.36 – Saída de avaria do variador [20]

4.8.2 Ligação do Variador de Velocidade ao Motor trifásico

Os terminais de potência do variador encontram-se na parte inferior do variador. Na Figura 4.37 está representado o esquema dos terminais de potência do motor de indução trifásico (U,V,W) ao variador de velocidade, é possível visualizar também o esquema para a implementação da travagem do motor, mas devido à baixa velocidade do tear multiaxial esta travagem não vai ser implementada.

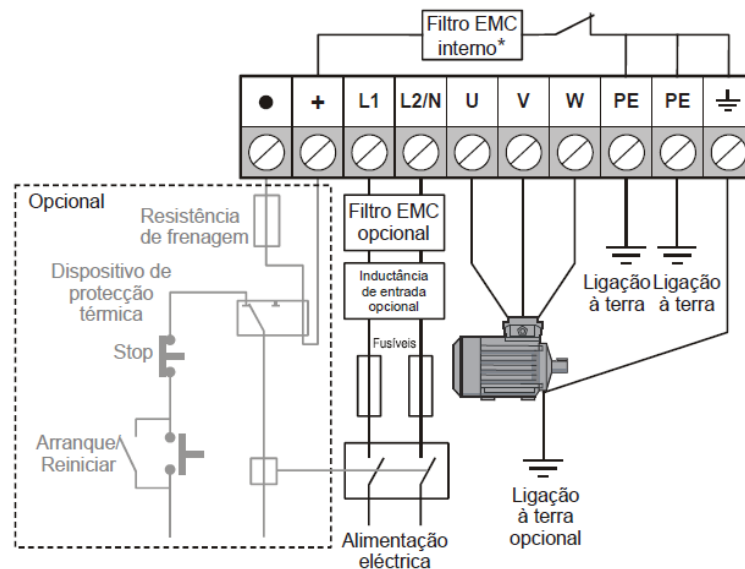


Figura 4.37 – Ligação dos terminais de Potência [20]

4.8.3 Ligação do PLC ao Variador de Velocidade

Com a elaboração do programa do autómato é possível comunicar diretamente com o variador de velocidade, para isso é necessário escolher qual o esquema de ligação a utilizar sendo este fornecido no manual de instruções do Commander SK. A configuração escolhida para o variador de velocidade foi AV.Pr em que significa, entrada de tensão a três velocidades predefinidas, esta configuração pode ser visualizada na Figura 4.38.

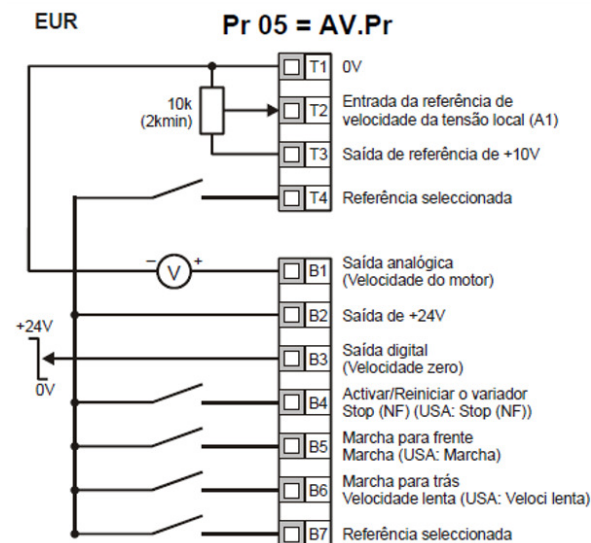


Figura 4.38 – Configuração AV.Pr [20]

O variador por predefinição está com a configuração AI.AV, para alterar estas definições é necessário alterar o parâmetro Pr 05. Para alterar o Pr 05 é necessário premir a tecla MODE (M)

na saída do modo de edição de parâmetros, em que o variador de velocidade tem de ser desativado, parado ou disparado para ativar uma alteração, caso contrário voltará à configuração anterior.

O tear multiaxial apenas roda num sentido de rotação, o sentido de marcha para a frente B5 (localizado nos terminais de controlo) necessita de estar fechado para a máquina iniciar o movimento. Em funcionamento normal quando premido o start da máquina, o PLC ativa uma saída designada de variador (saída 00 do autómato) sendo a principal responsável por o acionamento da marcha para a frente B5.

A configuração AV.Pr pode ou não ter três velocidades predefinidas, na tabela seguinte (Tabela 4-C) está representado como devem estar ligados os terminais de controlo T4 e B7 face à referência seleccionada, o valor 0 representa o circuito aberto o valor 1 representa circuito fechado. No caso de T4 e B7 estarem abertos o variador funciona com a referencia seleccionada A1(analogica), a velocidade do motor pode ser variada pelo potenciómetro entre a velocidade minima e maxima establecida no variador nos parametros Pr01 e Pr02.

Tabela 4-C – Referência seleccionada

T4	B7	Referência seleccionada
0	0	A1
0	1	Predefinição 2
1	0	Predefinição 3
1	1	Predefinição 4

4.8.4 Potenciómetro

A configuração AV.Pr permite ainda a aplicação de um potenciómetro. Um potenciómetro de rotação (Figura 4.39) é uma resistência variável que proporciona quantidades variáveis de diferença de potencial (tensão). Uma resistência normal apresenta apenas dois terminais, um potenciómetro é um dispositivo de três terminais de ligação.

Os extremos da resistência estão conectados à tensão do circuito elétrico e o terminal central ligado à saída do circuito, é ajustável ao longo de um elemento da resistência situado entre os dois terminais, dividindo deste modo a resistência em duas componentes.

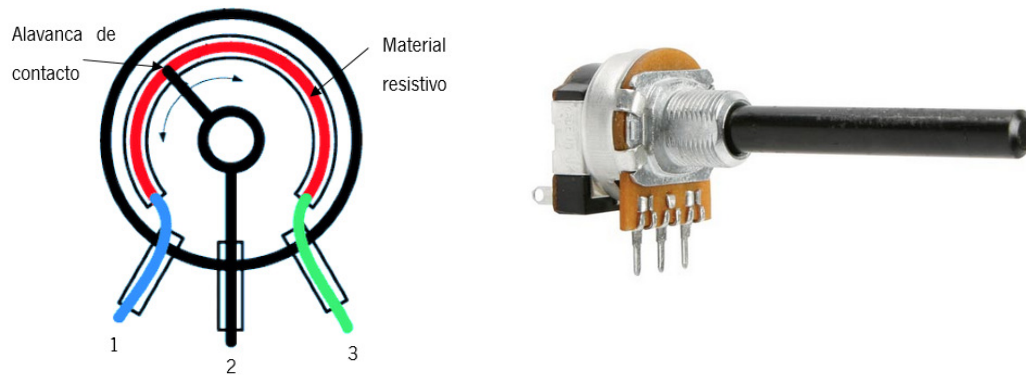


Figura 4.39 – Potenciômetro [21]

O potenciômetro de $10k\Omega$ é ligado nos terminais de controlo do variador de velocidade em T1, T2 e T3, este deve ser colocado no quadro elétrico e com acesso restrito. O potenciômetro pode ser utilizado para caracterizar a melhor velocidade quando se efetuam mudanças do fio inserido no tear.

4.5.5 Interruptor duplo para possível acionamento de velocidades predefinidas

É possível manipular a velocidade sem o potenciômetro segundo a configuração AV.Pr, para isso é necessário recorrer à Tabela 4-C e predefinir no variador de velocidade a frequência que se pretende estabelecer a cada uma das predefinições. As predefinições 2, 3 e 4 dizem respeito aos parâmetros de nível 2 do variador, para aceder aos parâmetros de nível 2 é necessário ir ao parâmetro Pr10 e alterar o L1 para L2. Dentro dos parâmetros de nível 2 as predefinições 2, 3 e 4 podem ser estabelecidas nos parâmetros Pr19, Pr20 e Pr21 inserindo a respetiva frequência (Hz). Para o acionamento das predefinições é necessário um interruptor duplo ON/OFF (Figura 4.40) para comutar os terminais de controlo T4 e B7, este pode ser colocado no quadro elétrico e comutado diretamente sem a utilização do autómato. Com acionamento (ON) do interruptor 1 fica automaticamente estabelecida a predefinição 2 se configurada a sua frequência, se for acionado apenas o interruptor 2 fica ativa a predefinição 3, estando os dois interruptores acionados ao mesmo tempo fica estabelecida a predefinição 4.

Para o valor pretendido da velocidade de rotação do tear, pode ser retirada a frequência diretamente da equação 4-2, declarada anteriormente, esta velocidade tende a estar muito aproximada do valor real devido ao variador de velocidade.

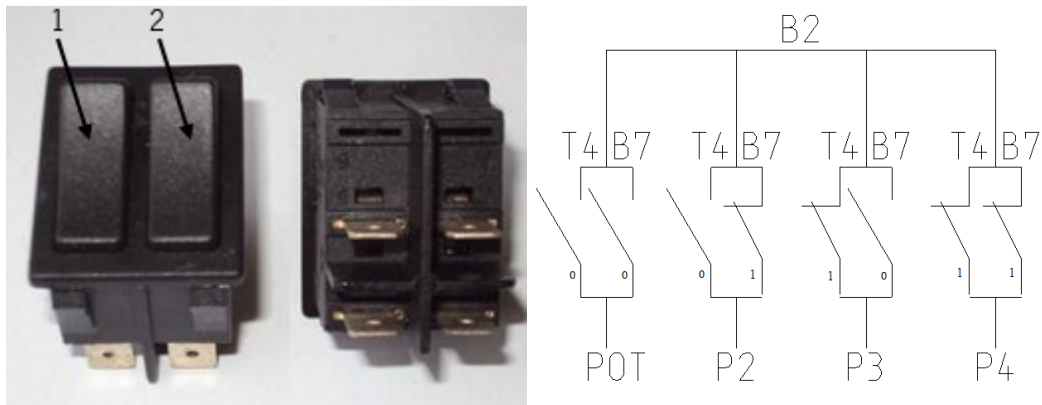


Figura 4.40 – Interrutor duplo [22]

4.9 Autómato Programável

Um PLC (Programmable Logic Controller) é um aparelho eletrónico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequência de processos, temporização, contagem e aritmética, sendo inventado para substituir os circuitos de relé sequenciais, deixando assim a lógica cablada e passando à lógica programada. O PLC através das suas entradas tais como sensores, interruptores, encoders entre outras, liga/desliga as suas saídas consoante a programação inserida.

Os autómatos possuem um CPU (unidade central de processamento da informação) que tem como função ler os valores lógicos presentes nas entradas, executar as instruções que constituem o programa e transferir para as saídas as ordens provenientes dessas instruções.

Quanto ao tipo de entradas estas podem ser por relé, por transístor e por acoplador ótico. As saídas podem ser por relé, por transístor e por triac.

O autómato será programado com a linguagem ladder através do CX-Programmer versão 9.0 do fabricante CX-One da Omron.

4.9.1 Seleção do PLC

Para a seleção do autómato é necessário ter em conta o número de entradas e saídas que são necessárias. Relativamente ao número de entradas, são necessárias 10 entradas para o encoder, 4 entradas para interruptores de pressão (Start, Stop, Botão Amarelo, Botão Azul), 1 para a botoneira de Emergência, 2 entradas nos Sensores Capacitivos, 1 no sensor Piezoelétrico, 1 no Aro das diagonais, 1 para o quebra-teias, 1 entrada para a falta de alimentação na trama e por

fim 1 entrada para a avaria no variador de velocidade, fazendo um total de 22 entradas no autómato.

No que diz respeito às saídas é necessário 1 saída para o variador, 9 saídas sinais luminosos (identificadores de possíveis avarias e estado atual da maquina) e 1 saída para o relé que ativa o contactor, somando assim um total de 11 saídas.

Para a seleção do autómato não basta ter em conta o número de Entradas/Saídas, é necessário ter em conta o numero de instruções de programação disponíveis, a facilidade de comunicação, a velocidade de processamento, a memoria disponível entre outras.

Na Figura 4.41 está representado o autómato selecionado da marca Omron (CP1E-E40DR-A) para monitorizar o Tear Multiaxial onde é possível visualizar o número de entradas (parte superior) e o número de saídas (parte inferior), estando estas legendadas por cores.

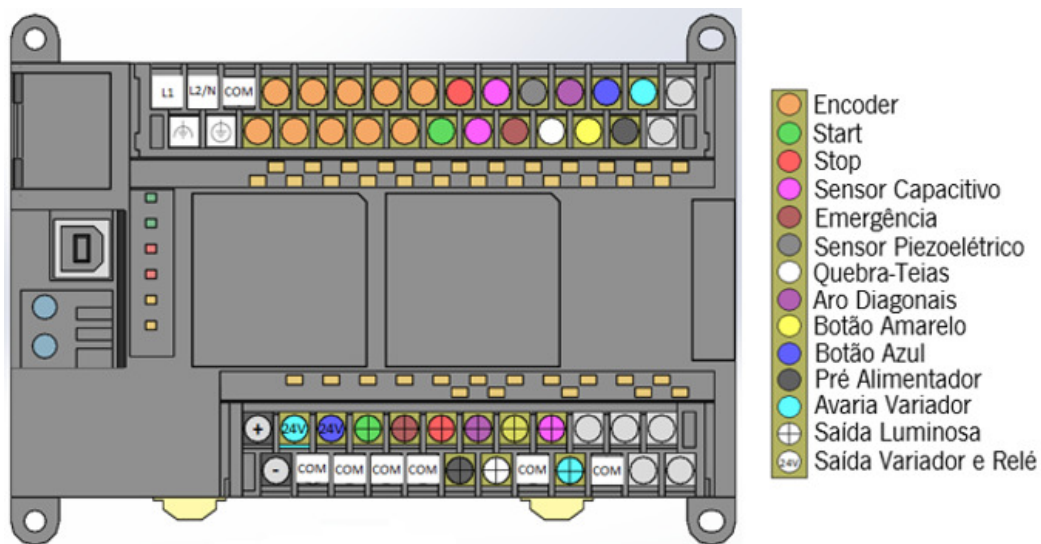


Figura 4.41 – PLC Omron (CP1E-E40DR-A) [10]

O PLC selecionado é compacto e da gama económica, o motivo desta seleção é devido ao tear apresentar uma velocidade de rotação relativamente baixa.

O PLC selecionado apresenta as seguintes características:

- Entradas/saídas digitais (24/18)
- Saídas a relé
- Capacidade de Memória de dados com 2000 Words (32000 bits)
- Alimentação a corrente alternada (CA)
- Velocidade de processamento 1,19 μ s (instrução básica) e 7,9 μ s (especial)
- Saída de alimentação de 24 VCC com corrente de saída máxima de 300 mA

4.9.2 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação existente no PLC não é suficiente para alimentar os componentes inseridos nele, para isso é necessário a aquisição de uma fonte de alimentação. Sendo assim, a fonte de alimentação (Figura 4.42) selecionada é da marca Omron do modelo S8VK-G06024.

Esta fonte de alimentação será a principal responsável por a alimentação dos componentes inseridos no tear multiaxial.



Figura 4.42 – Fonte de Alimentação (S8VK-G06024) [10]

A fonte de Alimentação apresenta as seguintes características:

- Potência nominal de 60 W
- Tensão de entrada de 100 a 240 VAC
- Tensão de saída de 24 VCC
- Corrente de saída de 2,5 A

4.10 Programa de Funcionamento Ladder

Para o PLC monitorizar e controlar a máquina é necessário efetuar a programação para inserir neste. Neste tópico é abordado por completo a programação efetuada para o funcionamento autónomo do tear multiaxial.

Para programar o PLC escolhido é necessário saber as áreas de memória para as entradas/saídas (Tabela 4-D), onde de PLC para PLC estas áreas podem ser diferentes. Os dados podem ser lidos ou gravados na memória entrada/saída a partir da programação ladder.

Tabela 4-D – Áreas de Memória para as Entradas/Saídas
[10]

Name		No. of bits	Word addresses	Remarks
CIO Area	Input Bits	1,600 bits (100 words)	CIO 0 to CIO 99	For NA-type, CIO90, CIO91 is occupied by analog input 0, 1.
	Output Bits	1,600 bits (100 words)	CIO 100 to CIO 199	For NA-type, CIO190 is occupied by analog output 0.
	Serial PLC Link Words	1,440 bits (90 words)	CIO 200 to CIO 289	—
Work Area (W)		1,600 bits (100 words)	W0 to W99	—
Holding Area (H)		800 bits (50 words)	H0 to H49	Data in this area is retained during power interruptions if a Battery Set (sold separately) is mounted to an N/NA-type CPU Unit.
Data Memory Area (D)	E-type CPU Unit	2K words	D0 to D2047	Data in specified words of the DM Area can be retained in the built-in EEPROM in the backup memory by using a bit in the Auxiliary Area. Applicable words: D0 to D1499 (One word can be specified at a time.)
	N/NA-type CPU Unit	8K words	D0 to D8191	Data in specified words of the DM Area can be retained in the built-in EEPROM in the backup memory by using a bit in the Auxiliary Area. Applicable words: D0 to D6999 (One word can be specified at a time.)
Timer Area (T)	Present values	256	T0 to T255	—
	Timer Completion Flags	256		—
Counter Area (C)	Present values	256	C0 to C255	Data in this area is retained during power interruptions if a Battery Set (sold separately) is mounted to an N/NA-type CPU Unit.
	Counter Completion Flags	256		—
Auxiliary Area (A)	Read only	7168 bits (448 words)	A0 to A447	Data in this area is retained during power interruptions if a Battery Set (sold separately) is mounted to an N/NA-type CPU Unit.
	Read-write	4,896 bits (306 words)	A448 to A753	

O início da programação começou com a implementação do encoder. Para implementar o encoder é necessário recorrer à CIO Área 200 (visível na tabela 4-D) e será necessário conectar as entradas do encoder (10 entradas) à CIO Área 200.

O encoder absoluto possui 10 entradas o que implica 1024 passos (2^{10}), se pretendido utilizar os passos todos não é necessário efetuar a subtração dos passos porque é um valor direto do binário.

Na figura seguinte (Figura 4.43) está representada a programação do encoder absoluto de código gray, é possível visualizar a interligação da CIO Área das entradas (CIO 0) com a CIO 200.

Nesta fase apenas se implementa as entradas relativas encoder que variam consoante o número de passos em questão. Numa fase posterior será necessário obter informação do encoder relativamente à posição em que se encontra para validar a operação da máquina ciclo a ciclo.

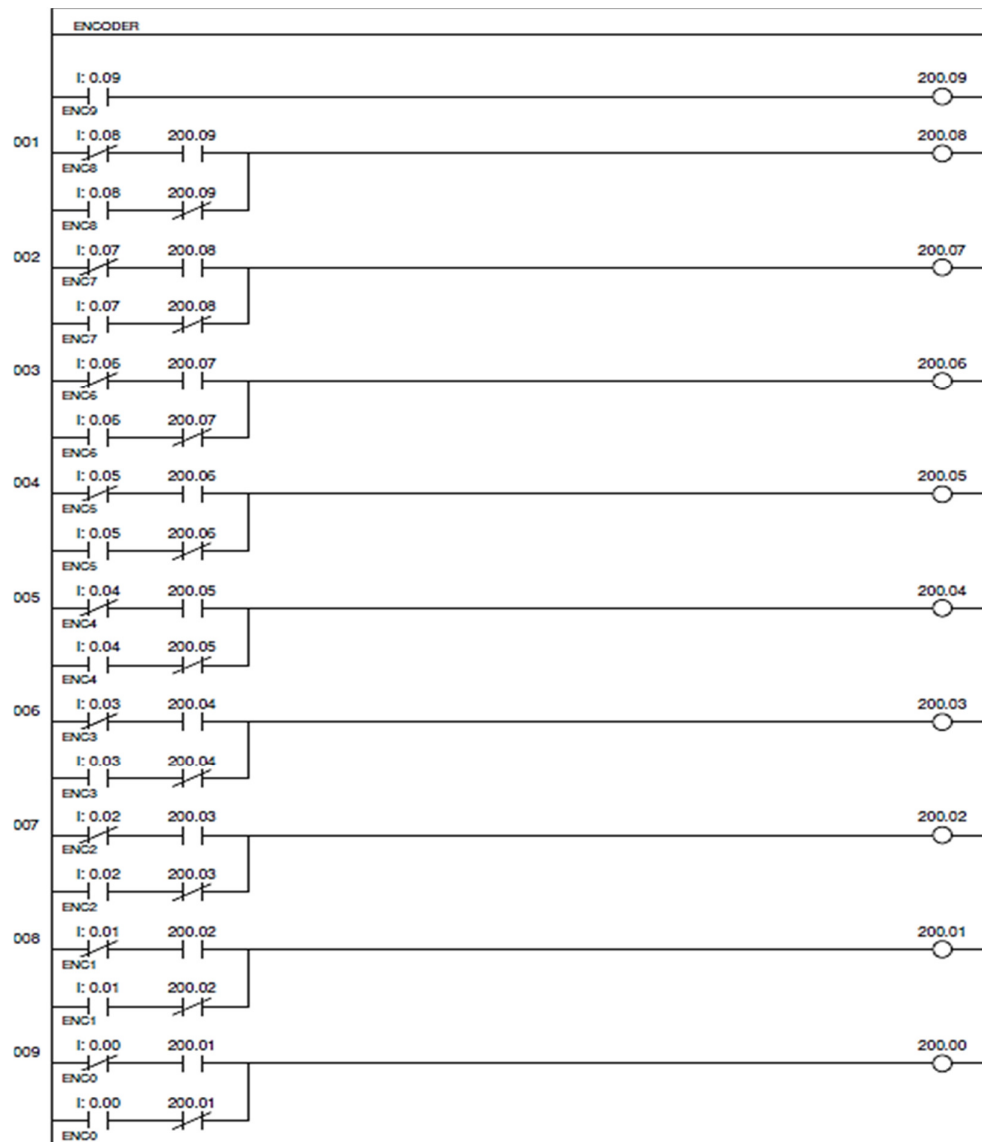


Figura 4.43 – Programação ladder do encoder absoluto (10 entradas)

O próximo passo na programação ladder foi a implementação das entradas restantes, estando parte delas na Área de Trabalho (W) à exceção do start e stop, da emergência e do interruptor de pressão azul.

A Área de Trabalho é utilizada para efetuar uma melhor programação e gestão do PLC, em que será fulcral para gestão de sinais luminosos de anomalias detetadas no tear.

Na Figura 4.44 foi aplicada a função KEEP (O11), esta função define um relé biestável em que este é definido por duas condições lógicas um set e um reset, para ativar o set e o reset basta apenas um impulso. Em caso do set e reset estarem ativados ao mesmo tempo prevalece o reset.

Quando a máquina se encontra com o geral desligado, após ligar o geral é necessário ativar a “tensão” através do interruptor de pressão azul, o mesmo acontece quando o botão de emergência for acionado. Pós premir o interruptor azul o tear encontra-se com corrente e o tear pode iniciar o movimento através do start. Detetando anomalia é efetuado um reset à “SAIDA” W0.00 obrigando assim a paragem do tear.

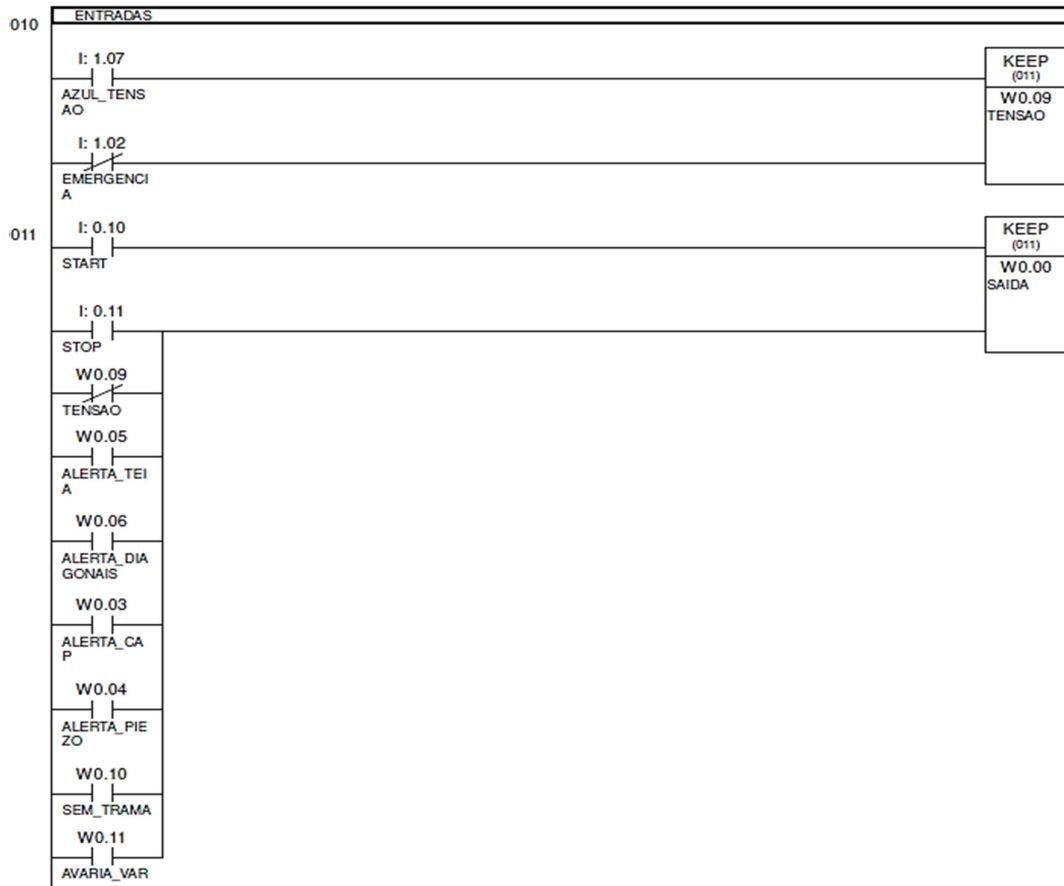


Figura 4.44 – Entradas para ativar/desativar o funcionamento do tear

O sensor piezoelétrico apenas deteta o movimento com a pressão que o fio executa na sua passagem, sendo necessário o tear estar em funcionamento para o sensor detetar. Quando o tear está parado, o encoder pode encontrar-se na posição de deteção da trama, sendo que, se for dado o start à máquina esta não arranca devido à não deteção efetuada pelo sensor (devido ao tear estar parado). Para resolver esta situação foi implementado um TIMER (temporizador) que tem como principal função ativar o sensor piezoelétrico (Figura 4.45) 3 segundos após o início de funcionamento do tear.

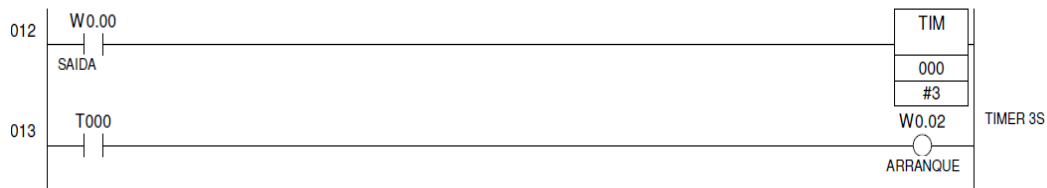


Figura 4.45 – Temporizador para o sensor piezoelétrico

Quando o tear parar é necessário saber o motivo para o qual este obteve a paragem. A opção escolhida para o PLC relatar esta avaria foi através de um keep, de um modo geral, quando é detetada uma anomalia, esta ativa um relé que fica ON devido ao keep. Na Figura 4.46 estão abordadas as paragens devido à avaria do variador, à falta de alimentação na trama, à lamela acionada na teia e ao mecanismo tensor acionado no aro de contacto das diagonais. Cada paragem tem uma saída no PLC. Após cada paragem devido a anomalia é necessário pressionar o interruptor amarelo que fará reset (desliga a luz que relata a avaria), este interruptor tem acoplado um sinal luminoso e para o tear iniciar o funcionamento esta luz terá que estar ligada, o interruptor desliga a luz em caso de paragem provocada por anomalia.

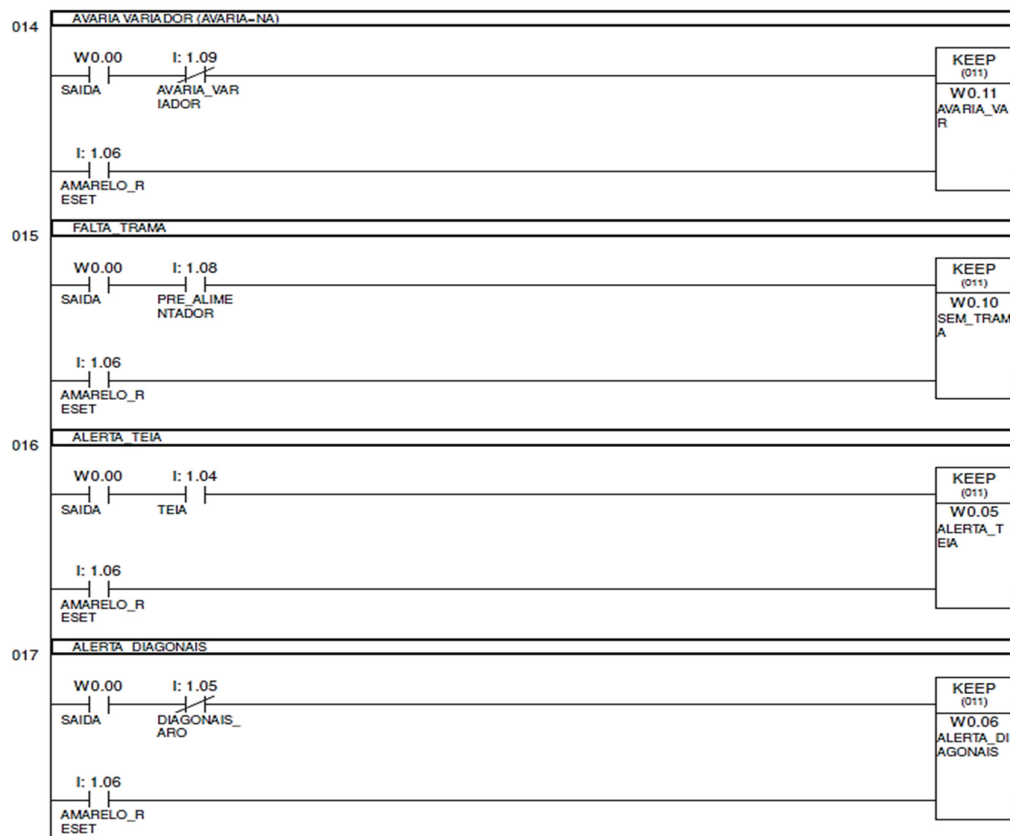


Figura 4.46 – Paragens provocadas por anomalia

O encoder absoluto é o responsável pela informação da validação volta à volta (Figura 4.47). Como a máquina apenas roda num sentido de rotação a verificação pode ser efetuada a função maior (>) seguida da função menor ou igual (<=), em que, caso os sensores não detetem no intervalo declarado o motor é parado e ativa a avaria, sendo assim necessário premir novamente o interruptor amarelo após a resolução da avaria. A posição do encoder pode ser facilmente editada no programa. Para editar a posição de deteção do encoder visualizado com um círculo a azul na Figura 4.47, basta alterar o valor que se encontra acoplado ao símbolo &(50). Sabendo que o encoder é de 1024 passos (0 a 1023) e que uma volta são 360° facilmente pode alterada a posição do encoder através de uma regra de três simples. Através da equação 4-4 é possível retirar a posição pretendida ($P_{\text{Pretendida}}$) em graus. De notar que o resultado obtido da equação apenas é possível inserir números inteiros.

$$x = \frac{1023 \times P_{\text{Pretendida}}}{360^\circ} = \frac{1023 \times 60^\circ}{360^\circ} = 170.5 \text{ passos} \quad 4-4$$

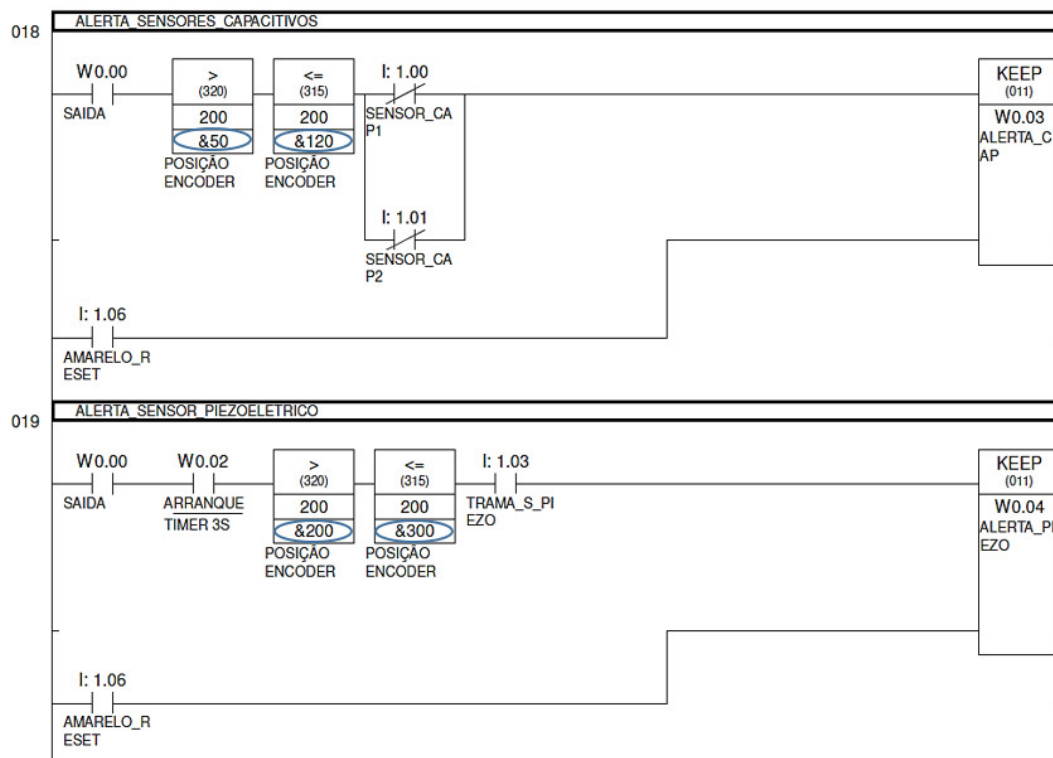


Figura 4.47 – Implementação da posição do encoder num sentido de rotação

Dado a programação das entradas é necessário controlar as saídas, na próxima figura (Figura 4.48) são abordadas as saídas luminosas de funcionamento e de deteção de avarias.

As saídas luminosas estão caracterizadas da seguinte forma:

- A luz vermelha que liga quando o tear se encontra com corrente (Botão Azul).
- A luz de emergência acionada pela botoneira de emergência (luz intermitente).
- A luz dos sensores capacitivos que significa a transferência das diagonais está incorreta.
- A luz da trama, esta luz quando ligada diz respeito à inserção incorreta da trama (sensor piezoelétrico) e quando intermitente está relacionada com o pré alimentador.
- A luz da teia que indica a quebra de fio na teia.
- A luz das diagonais relatando a quebra de fio através do aro de contacto.
- A luz de avaria do variador.
- A luz verde que indica que o tear se encontra em funcionamento
- A luz do interruptor de pressão amarelo.

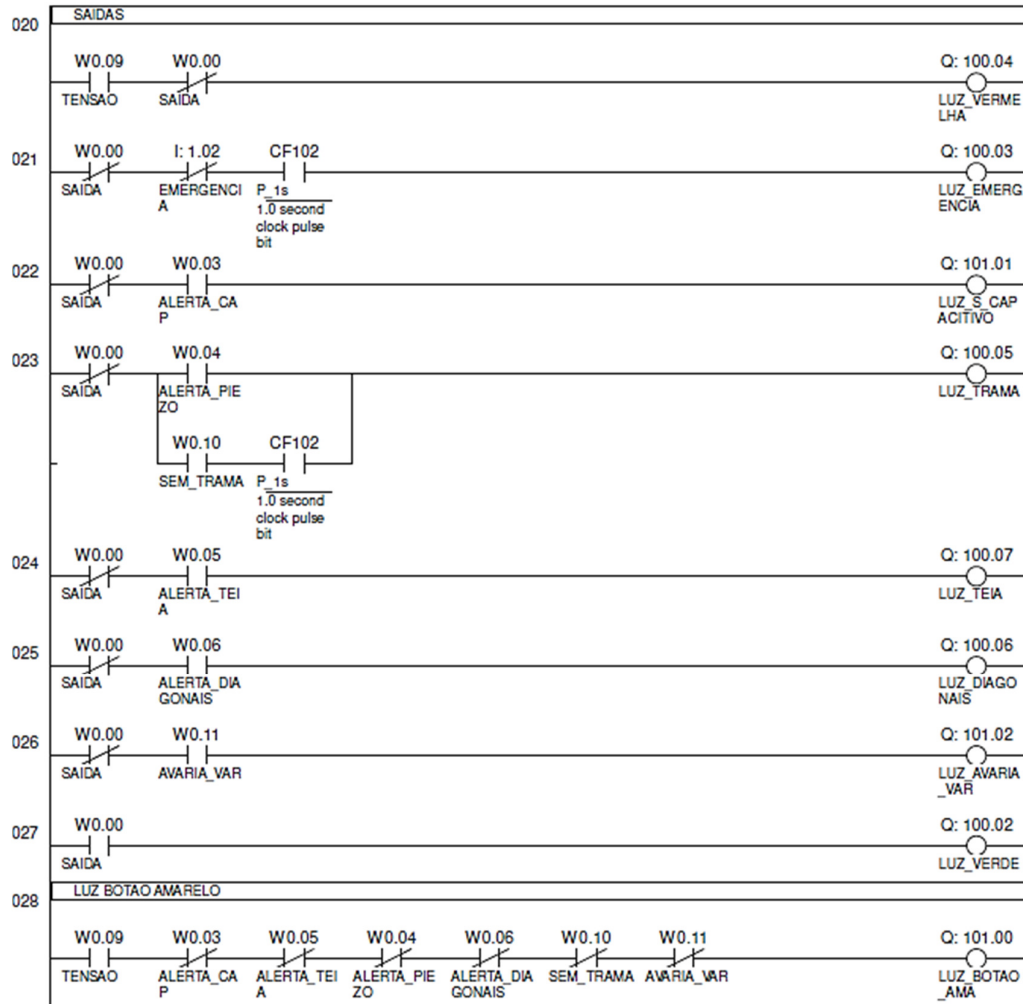


Figura 4.48 – Saídas luminosas de funcionamento e deteção de anomalias

Para concluir a elaboração do programa, faltam as saídas a 24 VCC (Figura 4.49), estas dizem respeito ao acionamento do variador de velocidade (rodar motor apenas num sentido) e ao interruptor de pressão azul, onde as saídas comutarão 24 VCC. O relé acionado pelo botão azul acionará o contactor.

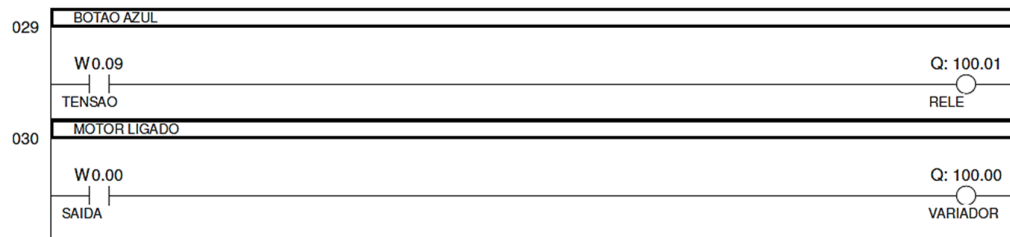


Figura 4.49 – Saídas de 24 VCC

Capítulo 5

CIRCUITO POTÊNCIA E CIRCUITO DE COMANDO

No presente capítulo serão abordadas as ligações elétricas respetivas ao circuito de potência e ao circuito de comando. Relativamente ao circuito de potência será feita uma introdução aos componentes seleccionados e serão estabelecidas as respetivas ligações elétricas.

Os componentes do circuito de comando foram abordados no capítulo anterior, neste capítulo serão especificadas as ligações para os componentes seleccionados. Ao longo deste capítulo as ligações elétricas encontram-se por partes, onde é possível visualizar o conjunto no Anexo F.

Para finalizar este capítulo é apresentado o quadro elétrico da máquina, a interface Homem-Máquina e o painel informativo da Interface Homem-Máquina.

5.1 Circuito de potência

O circuito de potência retrata a inserção de componentes relativos à parte de potência. Serão abordados o corte geral, o disjuntor, o relé o contactor e os fusíveis. Por fim será apresentado o esquema elétrico do circuito de potência.

5.1.1 Corte geral

Devido ao tipo de conceção, o interruptor de corte geral rotativo (Figura 5.1) permite interromper a alimentação de circuitos com segurança, podendo mesmo ser considerado um seccionador. Tendo em conta a elevada resistência a curto-circuitos e o estado visível dos seus contactos, é possível validar a utilização deste interruptor como interruptor geral.

O interruptor de corte geral seleccionado é de 20 A e 4 polos, a marca é Harmony K (fornecido pela marca Schneider) e o modelo é K2D004HCH, a ficha técnica deste produto encontra-se no Anexo G.



Figura 5.1 – Interruptor de corte geral rotativo [23]

5.1.2 Disjuntor

Um disjuntor é um aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais de circuito. Este aparelho é ainda capaz de estabelecer, de suportar num tempo especificado e de interromper correntes em condições anormais especificadas para o circuito, tais como as correntes de curto-circuito. Em regra um disjuntor é previsto para funcionar pouco frequente, embora existam alguns tipos de disjuntores capazes de suportar manobras frequentes.

Os disjuntores podem ser classificados quando ao tipo de curva disparo (Figura 5.2), estando estas denominadas por curva B, curva C e curva D. Para o tipo C por exemplo, se o valor da corrente for de $5 \times I_n$ (corrente estipulada) não ocorre disparo até 0,1 segundos, se for $10 \times I_n$ o disparo deve ocorrer num tempo inferior a 0,1s.

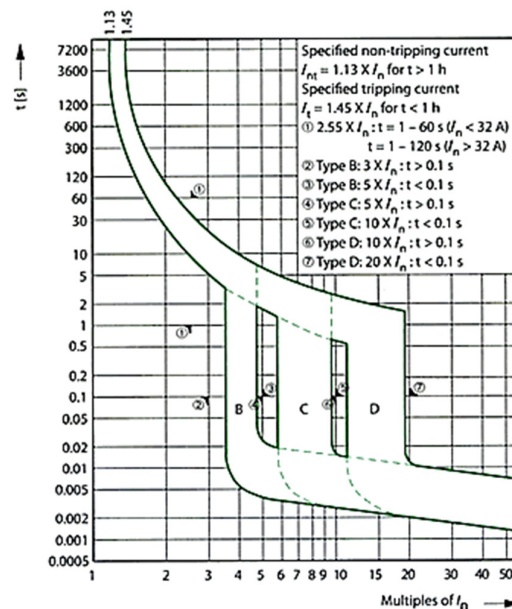


Figura 5.2 – Tipo de curvas de disparo dos disjuntores

O disjuntor selecionado é da marca Hager (Figura 5.3) com o modelo NTF 820, este apresenta 3polos e neutro, 20 A e curva de disparo tipo C. A ficha técnica encontra-se no Anexo H.



Figura 5.3 – Disjuntor [24]

5.1.3 Relé

Os relés (Figura 5.4) são interruptores que abrem ou fecham os circuitos electromecanicamente ou eletronicamente. Os relés controlam um circuito elétrico através da abertura ou fecho de contactos num outro circuito. Quando um contacto do relé é normalmente aberto (NA), há um contacto aberto quando o relé não está energizado. Quando um contacto do relé é normalmente fechado (NF), há um contacto fechado quando o relé não está energizado. Em qualquer dos casos, a aplicação de corrente elétrica para os contactos irá fazer uma mudança do seu estado.

Um relé é caracterizado por uma variável de comando (excitação da bobine) e por uma variável comandada (contactos que podem abrir ou fechar).

Geralmente os relés são usados para alternar correntes menores em um circuito de controlo e não costumam controlar dispositivos de consumo de energia, exceto por pequenos motores e solenoides que atraem baixos amperes. No entanto, os relés podem "controlar" maiores tensões e amperes por ter um efeito amplificador, devido a uma pequena tensão aplicada a uma bobine de relés este pode comutar uma tensão maior através do seu contacto interno.

Através do interruptor de pressão azul será enviado um sinal ao autómato, que por sua vez o autómato através da função keep envia o sinal para o relé, fazendo com que este feche e atraque o contactor, o esquema de ligação está visível na Figura 5.4 na parte direita.

O relé escolhido é da marca Omron de 24 VCC, o código de compra é G2R-1-SD (CC), para este relé é necessário uma base de montagem (encaixe para calha DIN) que apresenta o seguinte código P2RF-05-S.



Figura 5.4 – Relé [10]

5.1.4 Contactor

O contactor é um aparelho mecânico de ligação com uma única posição de repouso, comandado por um processo não manual, capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais do circuito, incluindo as condições de sobrecarga em serviço. Os contactores podem ser designados de acordo com a forma como é fornecido o esforço necessário ao fecho dos contactos principais.

Um contactor é um aparelho de corte e comando, acionado em geral por meio de um eletroímã concebido para executar um elevado número de manobras. Permite a interrupção ou estabelecimento de correntes e potências elevadas mediante correntes e potências fracas.

O contactor é constituído (Figura 5.5 A) por um núcleo magnético excitado por uma bobine (A1 e A2). Uma parte do núcleo magnético é móvel, e é atraído por forças de ação magnética quando a bobina é percorrida por corrente e cria um fluxo magnético. Quando não circula corrente pela bobina parte do núcleo é repelida por ação da força das molas. Contatos elétricos são distribuídos solidariamente a esta parte móvel do núcleo, constituindo um conjunto de contatos móveis. Solidário com a estrutura do contactor existe um conjunto de contatos fixos. Cada jogo de contatos fixos e móveis que podem ser do tipo NA ou NF.

O contactor selecionado é da marca TeSys (Schneider) com o código de compra LP1K1210BD.

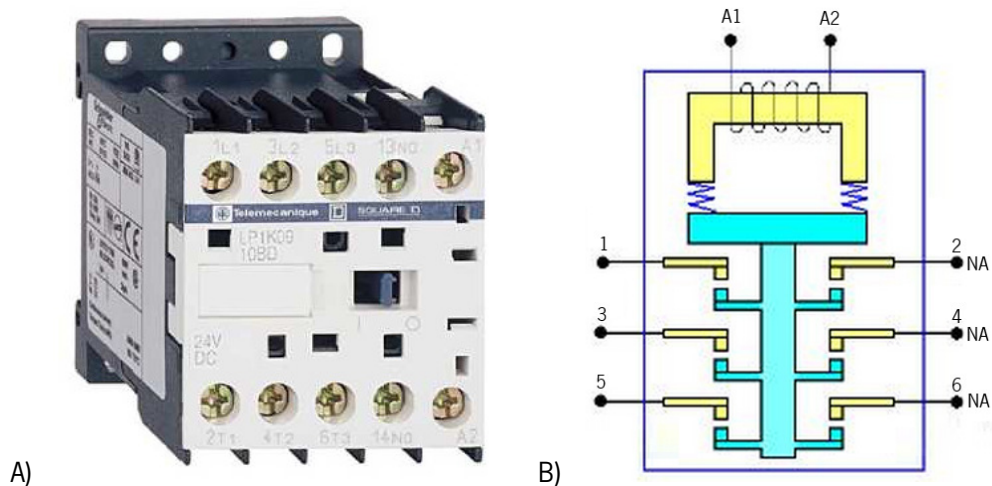


Figura 5.5 – Contactor [23]

5.1.5 Fusíveis

Os fusíveis são elementos destinados à proteção contra correntes de curto-circuito.

O elemento fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão é inferior ao ponto de fusão do cobre, o que implica em caso de curto-circuito o fusível fragmenta, evitando assim possíveis danos para os componentes constituintes do circuito elétrico.

No presente projeto serão inseridos 4 fusíveis dos quais 2 são para a fonte de alimentação, 1 para o autómato e outro para o variador.

5.1.6 Esquema Elétrico do Circuito de Potência

Na Figura seguinte (Figura 5.6) está representado o circuito elétrico relativo ao circuito de potência onde estão apresentadas as ligações necessárias para o funcionamento. Neste circuito existem dois motores trifásicos em que, o pré Alimentador da trama liga diretamente à rede e o motor trifásico de indução é alimentado por um variador de velocidade.

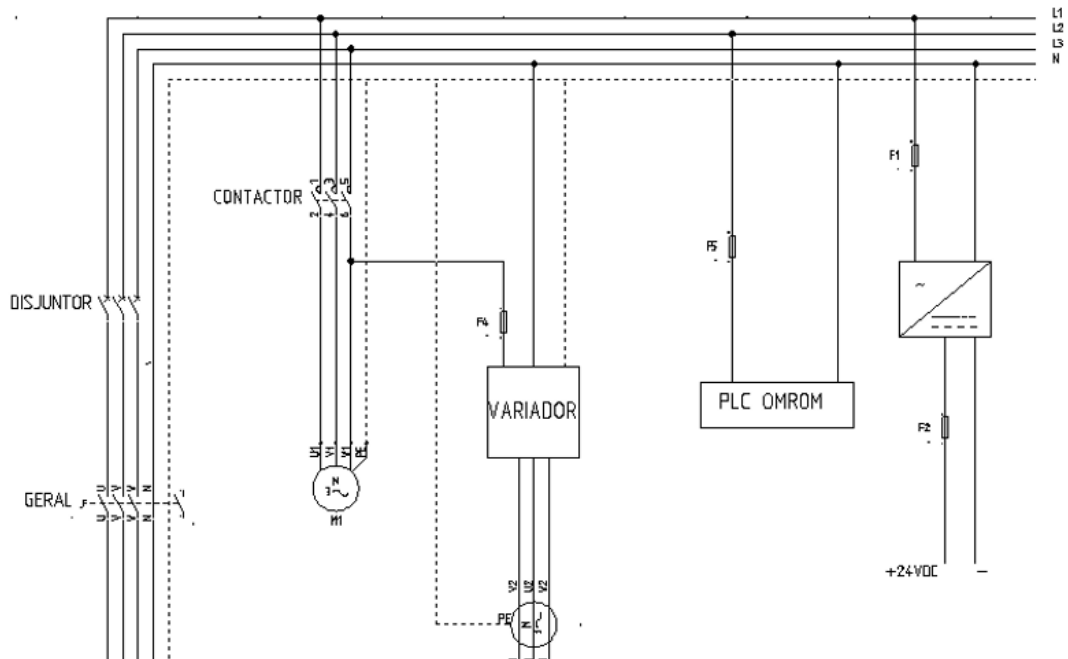


Figura 5.6 – Esquema elétrico do circuito de potência

5.2 Circuito de Comando

No circuito de comando são abordadas as ligações relativas ao encoder, ao variador, ao aro de contacto, ao sensor piezoelétrico, aos sensores capacitivos e ao pré alimentador da trama. Por fim serão apresentadas as entradas e saídas a ligar ao autómato.

5.2.1 Encoder

O encoder selecionado possui 13 fios dos quais 10 fios ligam às entradas do encoder, 1 fio a 24 VCC, um fio a 0V e o ultimo fio à terra (GND). Na Figura 5.7 estão apresentadas as ligações necessárias para a implementação do encoder no autómato selecionado.

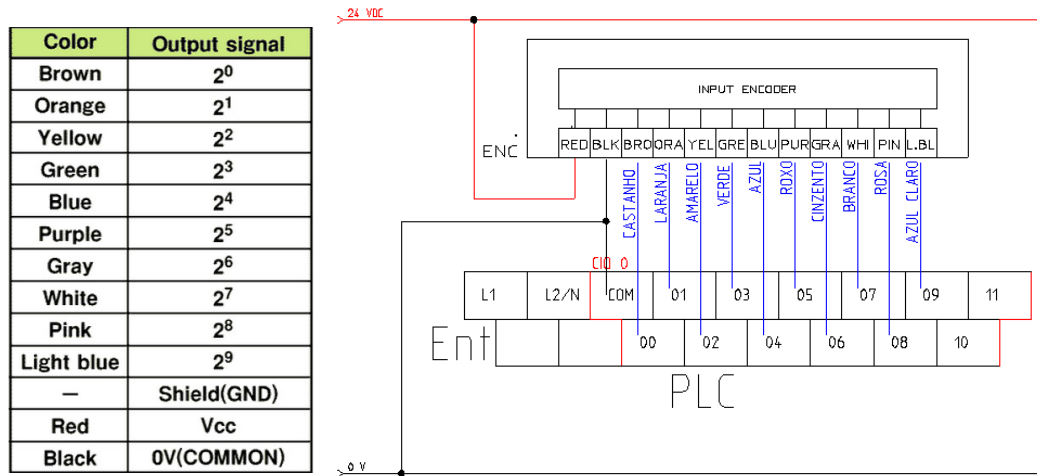


Figura 5.7 – Esquema de ligação do encoder ao PLC

5.2.2 Aro de contacto

Para a construção do aro de contacto terá que se ter em conta o seu isolamento, sendo que, a estrutura da máquina se encontra conectada aos 0V da fonte de alimentação. Para isolar a máquina é necessário criar um veio de nylon com rosca interna, que faz a união da estrutura da máquina ao aro de contacto (Figura 5.8). Antes de conectar os 0V, foi necessário verificar se a estrutura apresentava continuidade do possível ponto de ligação até ao mecanismo tensor a atuar no aro de contacto.

Para detetar a quebra de fio nas diagonais acionada pela atuação do mecanismo tensor foi necessário efetuar o esquema de ligação visualizado na Figura 5.8.

Em funcionamento normal da máquina, isto é sem quebra de fio, o sistema implantado envia um sinal de 24 VCC para o autómato, significando assim que o sinal é normalmente fechado. Como não existe diferença de potencial a corrente é zero ($I=0$ A).

Quando o mecanismo tensor acionar o aro de contacto existe diferença de potencial sendo que o sinal do autómato passa de 24 VCC para 0V, obtendo assim informação para parar devido à quebra existente nas diagonais.

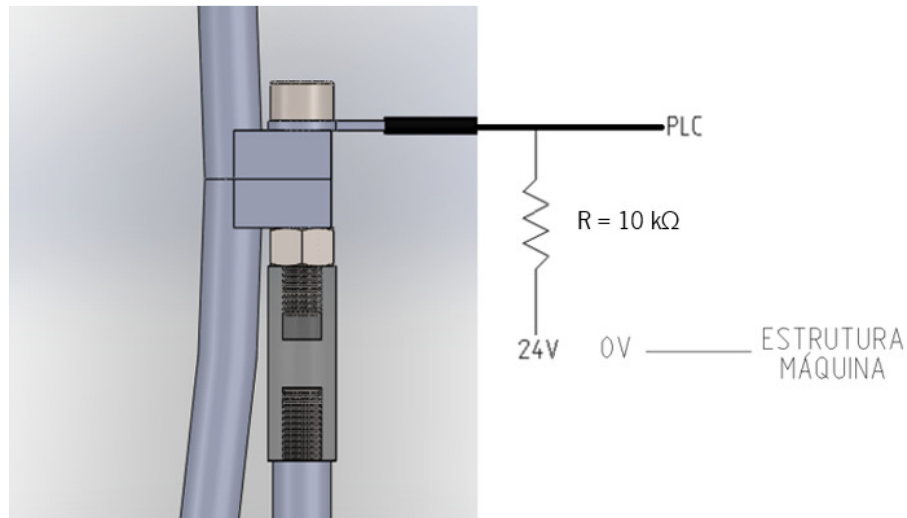


Figura 5.8 – Esquema de ligação do aro de contacto

5.2.3 Sensor piezoelétrico

O sensor Eltex possui 4 terminais de ligação, este sensor quando deteta o arrasto do fio passa a ON, isto é apresenta condução no transistor. Para ligar este sensor são necessárias as ligações presentes na Figura 5.9. Observado a parte esquerda da Figura 5.9, quando existe deteção do movimento do fio existe condução do OUT + (cinzento) para o OUT – (azul). No caso deste sensor foi escolhido enviar ao autómato 24 V sem detetar movimento e quando detetar movimento do fio passa a 0V. Sendo assim é necessário ligar uma resistência entre o fio vermelho e o cinzento, que implica que quando o sensor não deteta, não existe condução logo não existe diferença de potencial ($I = 0A$). Quando o sensor detetar movimento do fio da trama o transistor entra em condução tem-se 0V na entrada do PLC.

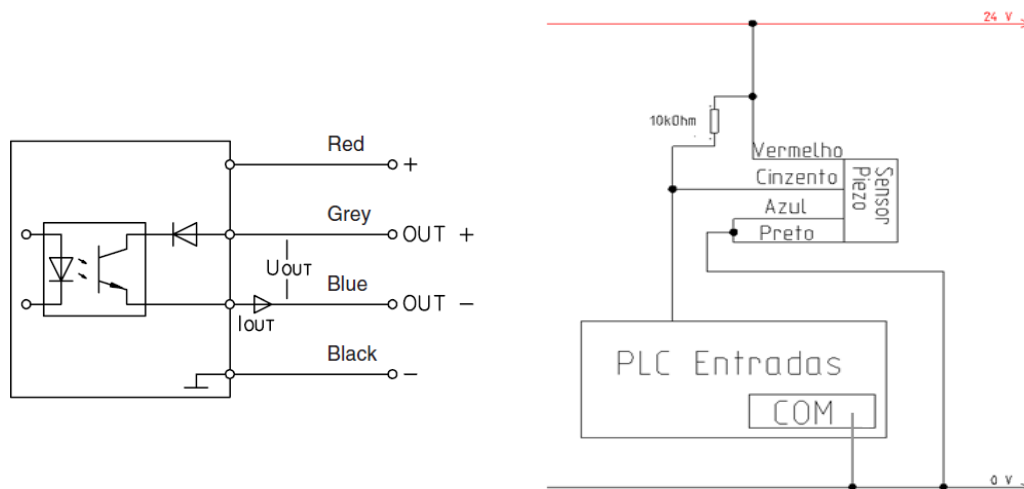


Figura 5.9 – Esquema de ligação do sensor Piezoelétrico

5.2.4 Sensor capacitivo

O sensor escolhido apresenta os dois sistemas de ligação, PNP e NPN. Foi optado por este ficar normalmente aberto, isto é, quando não deteta fio comuta 0V, quando deteta fio comuta 24 V. Na programação ladder o sinal do encontra-se invertido, para quando não detetar fio na altura certa acionar a saída para proceder à paragem do tear.

Na Figura 5.10 está presente o sistema de ligação em que o fio castanho liga a 24 V (fonte de alimentação), azul liga a 0V e o preto liga à entrada do PLC.

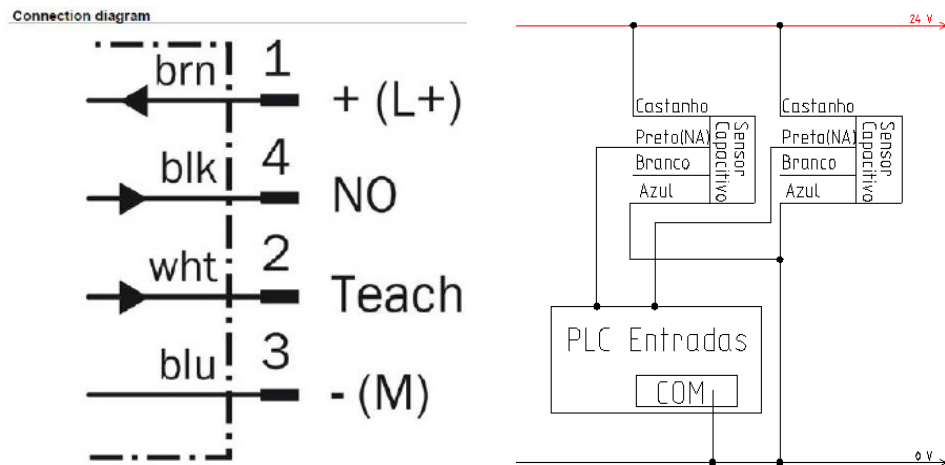


Figura 5.10 – Esquema de ligação dos sensores capacitivos

5.2.5 Pré alimentador da trama

O pré alimentador da trama pode parar a máquina quando se encontra sem alimentação, para isso é necessário saber qual o sinal a retirar do pré alimentador da trama. Na Figura 5.11 está representado o esquema de ligação a efetuar ao autómato.

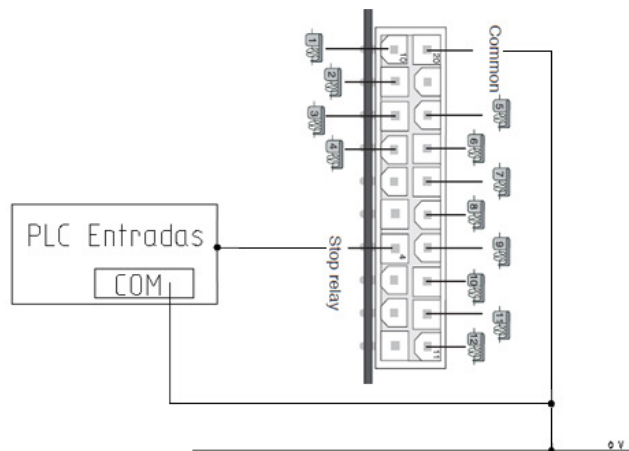


Figura 5.11 – Esquema de ligação do pré alimentador da trama

Para concluir o circuito elétrico é necessário referir um esquema de alimentação relativo às entradas dos interruptores de pressão, do interruptor de emergência, da teia e da avaria do variador.

Na Figura 5.13 estão representadas as ligações de alimentação não abordadas neste capítulo.

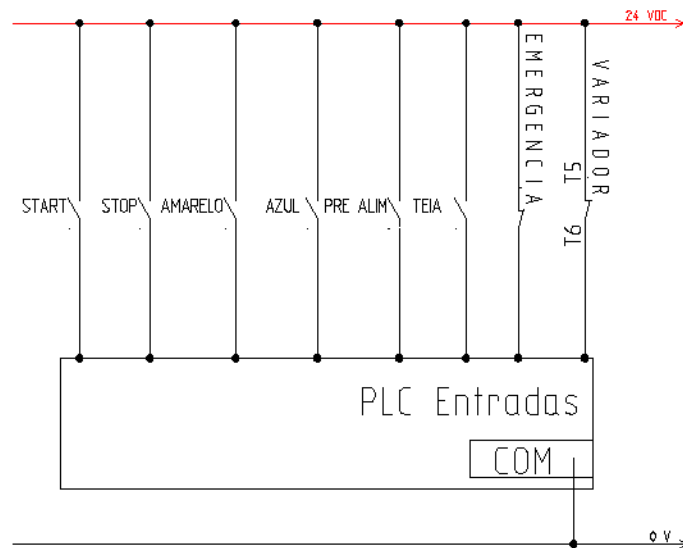


Figura 5.13 – Esquema de ligação da alimentação das entradas (restantes)

Na Figura seguinte (Figura 5.14) estão representadas as saídas do PLC. Estas saídas resumem-se aos sinais luminosos de funcionamento e alerta de avarias, ao sinal que vai ao variador e ao relé. A saída do variador e do relé são de 24 V pois o comum referente a estes está conectado aos 24 V.

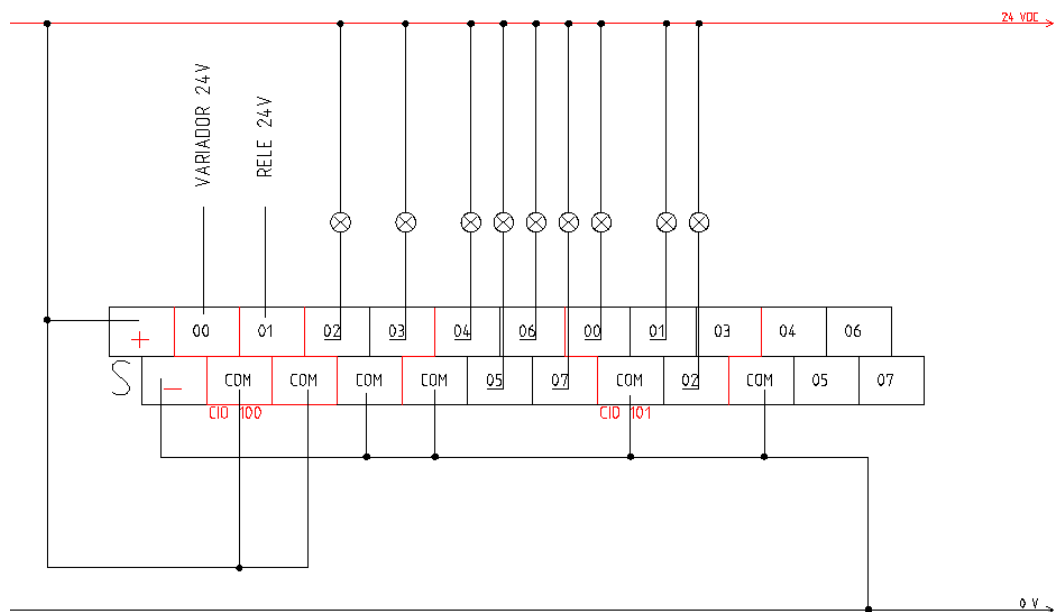


Figura 5.14 – Esquema de ligação da alimentação das saídas do PLC

5.3 Quadro Elétrico da Máquina

Para a elaboração do quadro elétrico é necessário saber as dimensões dos componentes a utilizar para determinar as dimensões necessárias para o quadro elétrico. Os componentes a introduzir no quadro elétrico são: o PLC, o contactor, o disjuntor, a fonte de alimentação, o relé com o suporte, o variador, o interruptor de corte geral rotativo, o interruptor de pressão azul, o interruptor duplo (alternativo) e o potenciômetro.

Todos os componentes introduzidos no quadro à exceção do corte geral, interruptor de pressão azul e interruptor duplo são inseridos no quadro com calha DIN de 35 mm de largura, sendo que, para inserir os componentes da forma que estão representados na Figura 5.15 é necessário apenas 0,5 m de comprimento de calha.

O interruptor de corte geral e o interruptor de pressão azul podem ser inseridos numa chapa quinada com dois furos de 22 mm, nesta também se encontram o interruptor duplo e o potenciômetro (podem ser opcionais a máquina opera sem estes). As dimensões para a chapa quinada, para o quadro elétrico e para a calha din podem ser visualizadas no Anexo I.

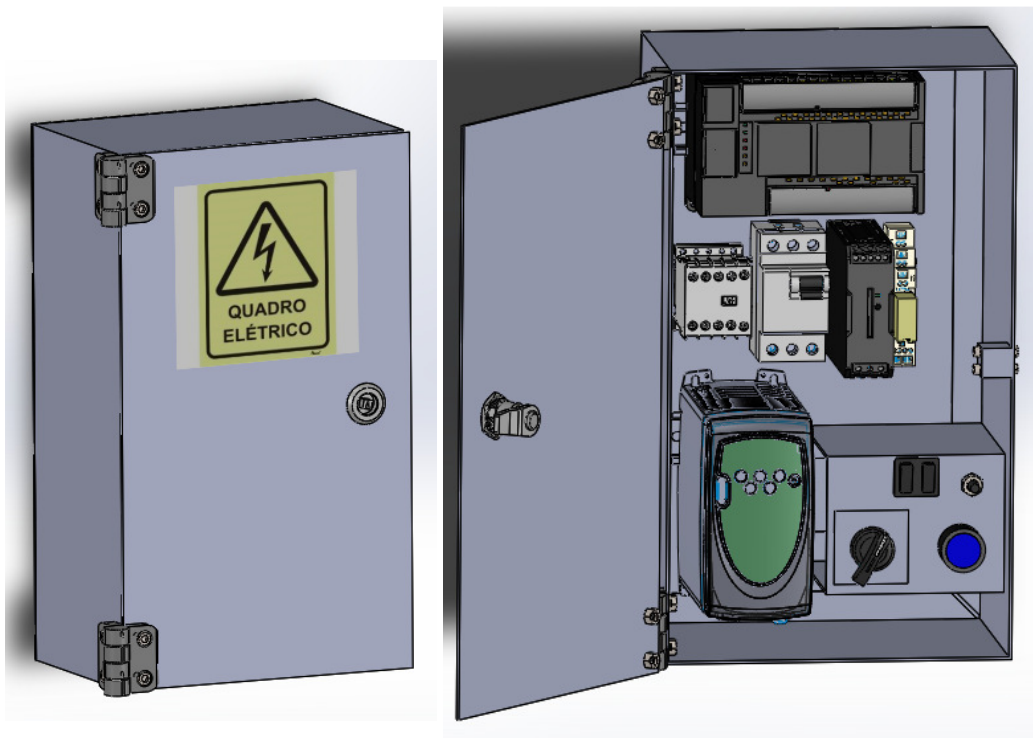


Figura 5.15 – Quadro Elétrico da Máquina

5.4 Interface Homem-Máquina

A gestão do tear multiaxial será efetuada pelas botoneiras de controlo (Figura 5.16). As botoneiras de controlo são o botão start e stop, o interruptor de pressão amarelo com sinal luminoso e por fim o botão de emergência. Para implantar as botoneiras de controlo é necessário uma estrutura de suporte como a visualizada na Figura 5.16 (lado esquerdo). O suporte das botoneiras de controlo está construído com estrutura tubular, permitindo assim a inserção dos fios pela sua parte interior, esta estrutura encontra-se devidamente dimensionada no Anexo J.

A estrutura de suporte foi dimensionada tendo em conta a média de altura da população portuguesa permitindo assim uma melhor ergonomia.

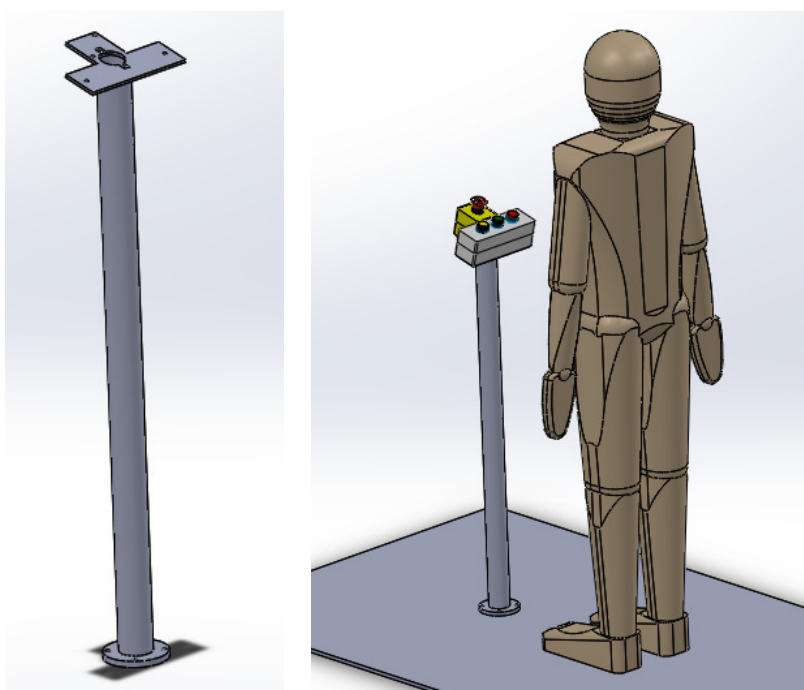


Figura 5.16 – Interface Homem-Máquina

5.5 Painel Informativo da Interface Homem-Máquina

O painel informativo da interface Homem-Máquina retrata o funcionamento da máquina a partir de sinais luminosos, relatando as ocorrências de estados ou anomalias da máquina. Este sistema permite a identificação da avaria de uma forma clara, podendo assim reduzir o tempo de procura de anomalias.

O painel foi elaborado de uma forma muito económica, estando esta vertente aplicada na sua construção e no seu consumo de energia. As luzes escolhidas foram em forma de Led de 24 VCC da marca Harmony XVLA2. Para as saídas luminosas atribuídas ao PLC são necessários 2

Leds vermelhos, 4 Leds Amarelos e 1 verde, existe uma outra saída luminosa mas esta está destinada ao interruptor de pressão amarelo visualizado na Figura 5.16.

O painel informativo da interface Homem-Máquina terá 8 Leds e será aplicada uma legenda para uma melhor percepção da avaria, este pode ser visualizada na Figura 5.17.

No Anexo K encontram-se as dimensões da estrutura e as características do Led selecionado.

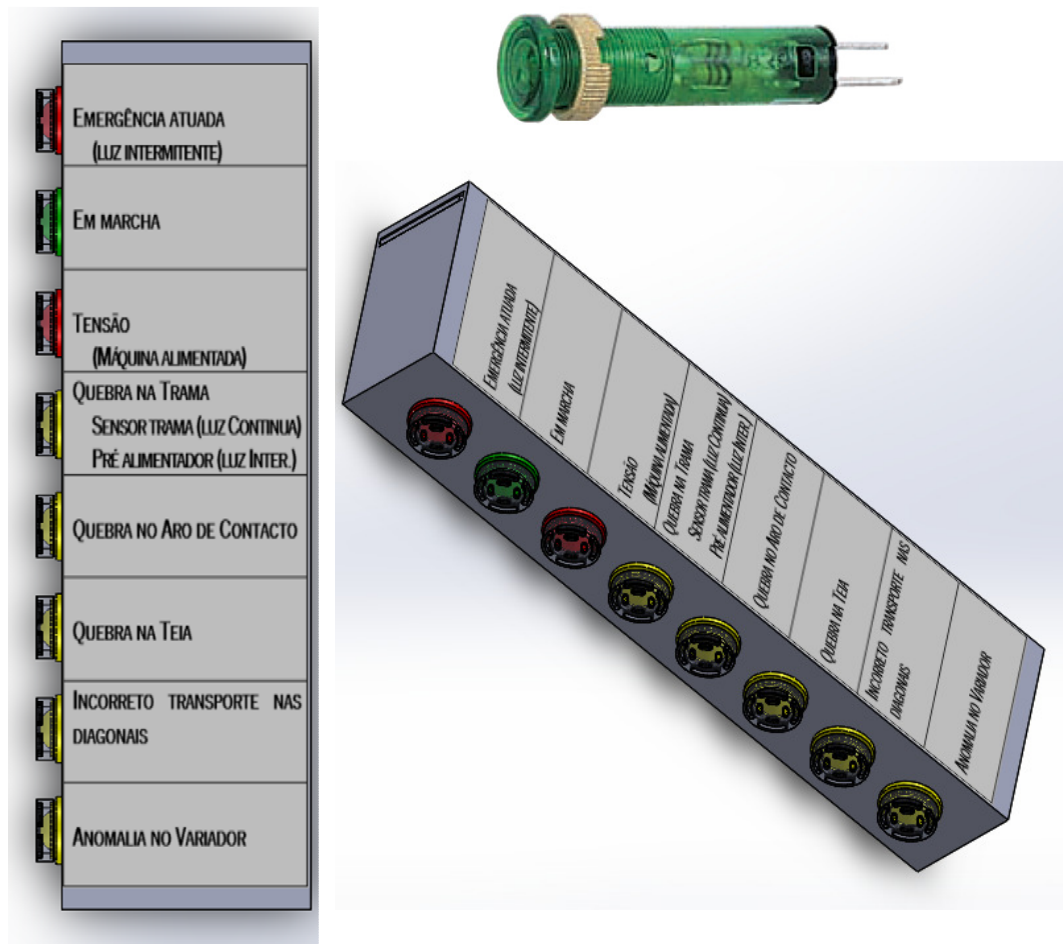


Figura 5.17 – Painel Informativo da Interface Homem-Máquina

Capítulo 6

CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

No presente trabalho, foi abordado de forma clara o projeto elaborado para a monitorização e controlo do Tear Multiaxial. Todos os componentes escolhidos foram referidos onde foi explicado como comutar estes e interliga-los entre si.

Os processos implementados neste projeto são fulcrais para a correta produção do tecido multiaxial. A transferência das diagonais efetuada nos parafusos de rosca quadrada, tem de ser detetado volta após volta, esta deteção consiste em verificar se o fio se encontra na posição definida em relação à volta efetuada pelo veio principal. Esta deteção resulta na aplicação de um sensor capacitivo em que na posição referida, fornecida pelo encoder, verifica a operação e valida esta com PLC. Se esta deteção não for implementada o tear pode ficar danificado e além disso apresenta defeito no tecido.

Para controlar a inserção da trama é também necessário saber a posição do veio principal (encoder), em que, esta deteção consiste em detetar o movimento do fio, isto é, saber se na inserção da trama existe movimento do fio. Esta deteção não poderia ser efetuada pelo sensor capacitivo porque o fio encontra-se sempre no mesmo local, simplesmente é tracionado. Nesta deteção foi implementado um sensor piezoelétrico, este sensor deteta a pressão causada pelo arrasto do fio no orifício que o sensor apresenta.

A deteção da teia implementada no tear multiaxial é a existente nos teares comuns que consiste na aplicação um quebra-teias, esta deteção é efetuada pela ação gravítica ocorrida na lamela devido à quebra do fio, em que esta fará encostar um contacto na serra de contacto

Para controlar a quebra no tambor das diagonais foi necessário criar um aro de contacto. A criação deste aro foi possível devido ao tambor apresentar mecanismos para tencionar fio a fio, onde, em caso de quebra este mecanismo tensor volta à posição devido a não apresentar tensão (provocada pelo fio). Com isto, criando um aro de contacto é possível garantir a paragem do tear devido ao encosto do mecanismo tensor no aro de contacto.

Nesta dissertação, melhorei os meus conhecimentos ao nível da automação e dimensionamento de cames. Foi necessário coletar informação para adquirir conhecimento, podendo assim, efetuar a seleção dos vários componentes a inserir no Tear Multiaxial.

De um ponto de vista geral, o projeto desenvolvido cumpre os requisitos que foram exigidos. Na seleção dos componentes foi posta em causa a forma mais viável e económica para cumprir os requisitos necessários para o funcionamento automático do Tear Multiaxial.

A título individual este projeto foi muito enriquecedor e adquiri conhecimentos muito interessantes.

Relativamente ao trabalho elaborado, este pode ainda ser melhorado/averiguado os seguintes aspetos:

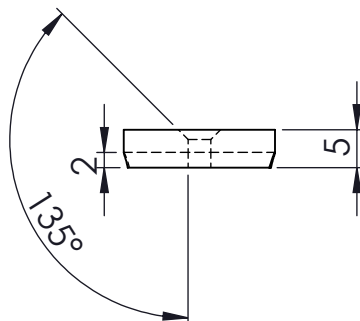
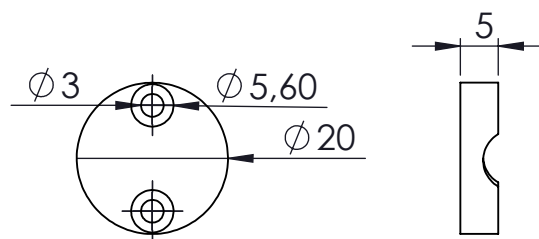
- O tear multiaxial é acionado por um motor elétrico, onde este aciona o veio principal com uma correia trapezoidal. Em caso de encravamento mecânico (maior ocorrência no arranque da máquina) devido à correia não é transmitido movimento do motor ao veio principal. Nesta situação é necessário parar o movimento do motor e de seguida rodar manualmente o tear.
- Relativamente ao Quebra-Teias pode ser efetuado um mecanismo com o mesmo princípio do aro de contacto (comutação da massa). Para o fabrico do quebra-teias podia ser elaborada uma serra de contacto devidamente isolada, dimensionada para quando a lamela cair existir diferença de potencial, ou em alternativa poderia ser elaborado um mecanismo tensor para cada fio presente na teia.
- As avarias ocorridas no tear apresentam sinais luminosos, estes sinais porventura poderiam ser tratados por forma a relatar a avaria por mensagem de texto através da aplicação de um visor.

REFERÊNCIAS

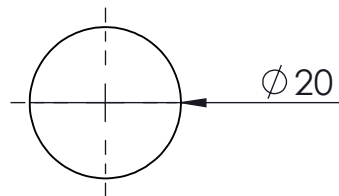
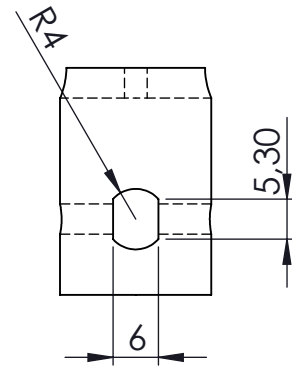
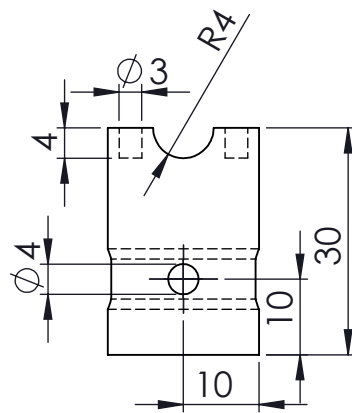
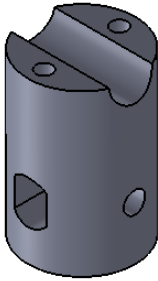
- [1] M. Araújo, Manual de engenharia têxtil 1ºVolume, Maio de 1986.
- [2] R. Figueiro, F. Soutinho e C. Pereira, “Estruturas Testeis e estruturas compostas,” Universidade do Minho.
- [3] R. Figueiro, “Materiais Compositos,” Universidade do Minho.
- [4] I. VI, “Sistema de Medição para a Avaliação Dinâmica de Cames conjugadas no Equipamento Multiweave, com recurso ao sensor laser,” Guimarães , 2011.
- [5] J. C. P. Claro, *Apontamentos das aulas de Mecânica Geral*, Universidade do Minho, 2007.
- [6] M. Lima e P. Zabka, “Analysis, Design and Manufacturing of Special Conjugate Cam Mechanisms for a Textile Machine,” 2010.
- [7] R. L.Norton, Cam design and Manufacturing Handbook, New York: Industrial Press, 2002.
- [8] J. p. F. Fernandes, “Análise Cinemática e dinâmica de mecanismos com recursos a meios computacionais,” Universidade do Minho, 2000 .
- [9] Eltra, [Online]. Available: http://www.esco.be/download/documents/Eltra-EN-Absolute_20060418.pdf. [Acedido em 10 Abril 2013].
- [10] Omron, [Online]. Available: <http://www.omron.com/>. [Acedido em 30 Maio 2013].
- [11] Baumer, 10 Julho 2013. [Online]. Available: <http://www.afacontrol.com.mx/Baumer%20Capacitivos.pdf>.
- [12] R. C. junior. [Online]. Available: http://www.corradi.junior.nom.br/sensores_Ind.pdf. [Acedido em 12 Fevereiro 2013].
- [13] Sick, [Online]. Available: <http://www.sick.com/>. [Acedido em 15 Abril 2013].
- [14] ROJ, [Online]. Available: http://www.roj.it/Portals/15/pdf_files/Chrono_X2/24-8930-2106-08_OPI_Chrono_X2_PT_ROJ.pdf. [Acedido em 6 Abril 2013].
- [15] Y. Roh. [Online]. Available: <http://sstl.cee.illinois.edu/apss/files/21-Piezoelectric%20Sensors.pdf>. [Acedido em 11 Maio 2013].
- [16] J. Fraden, Handbook of Modern Sensores, San Diego, California: Springer, 2003.

- [17] Eltex, [Online]. Available: <http://www.eltex.se/en/products-mainmenu-118/weft-and-yarn-sensors-mainmenu-245/weaving/rapier/11-weft-sensor-16564-chrome>. [Acedido em 16 Setembro 2013].
- [18] groz-beckert, [Online]. Available: http://groz-beckert.com/cms/en/products_services/weaving/w_produkt/w_weaving. [Acedido em 17 Setembro 2013].
- [19] Prof2000, [Online]. Available: http://www.prof2000.pt/users/lpa/Motor_inducao_tri.pdf. [Acedido em 30 Agosto 2013].
- [20] emersonindustrial, [Online]. Available: <http://www.emersonindustrial.com/pt-BR/controltechniques/produtos/drivesca/commandersk/Pages/commandersk.aspx>. [Acedido em 12 Maio 2013].
- [21] [Online]. Available: <http://www.pictutorials.com/index.htm>. [Acedido em 13 Setembro 2013].
- [22] castroelectronica, [Online]. Available: <http://www.castroelectronica.pt/product/interruptor-duplo-preto>. [Acedido em 27 Setembro 2013].
- [23] schneider-electric, [Online]. Available: <http://www.schneider-electric.com/products/pt/pt/>. [Acedido em 29 Setembro 2013].
- [24] Hager, [Online]. Available: <http://www.hager.pt>. [Acedido em 10 Outubro 2013].

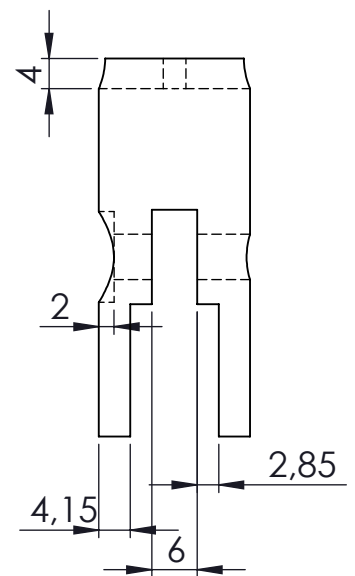
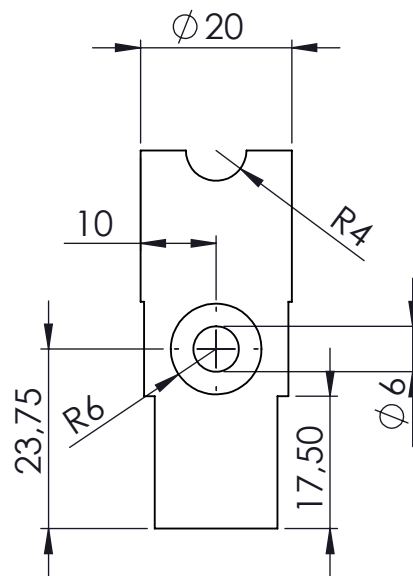
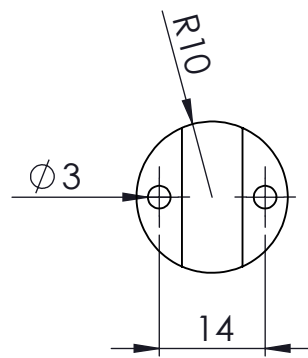
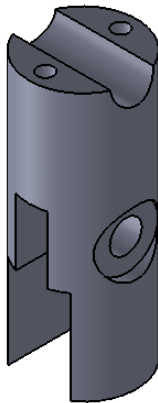
ANEXO A - SUPORTE SENSOR



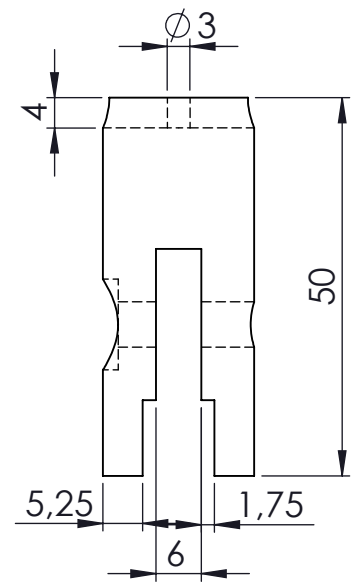
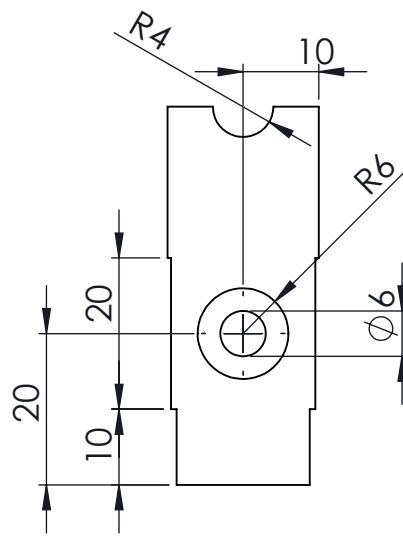
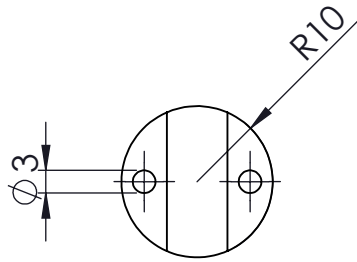
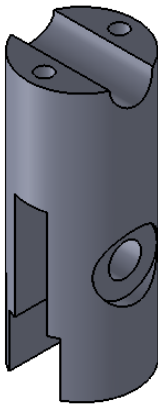
			Universidade do Minho	Suporte Sensor					
Verif.									
1:1	Chumaceira de Fixação								
				Substituir:					
				Substituído por:					



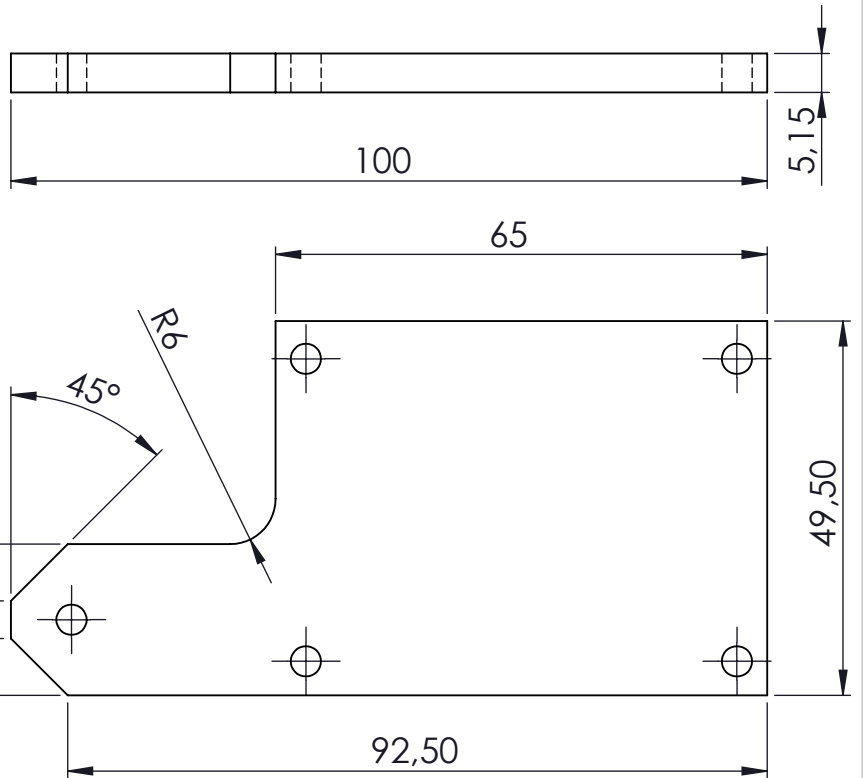
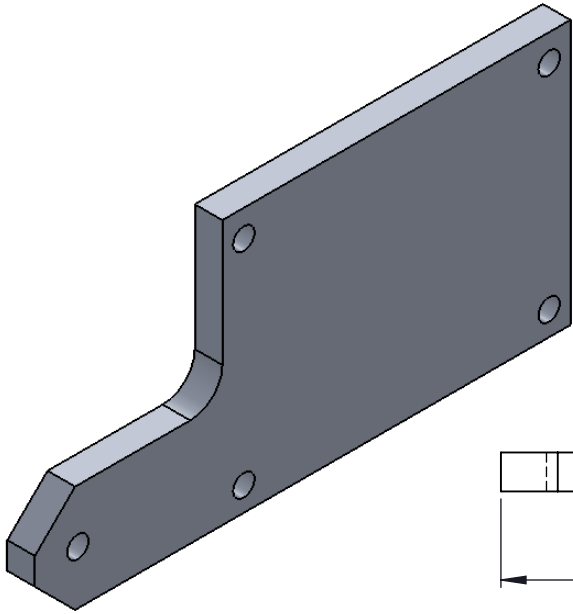
			Universidade do Minho	Suporte Sensor									
Verif.													
1:1	Fixação central												
			Substituir:										
			Substituído por:										



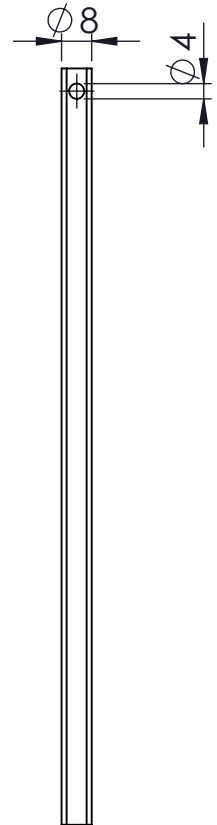
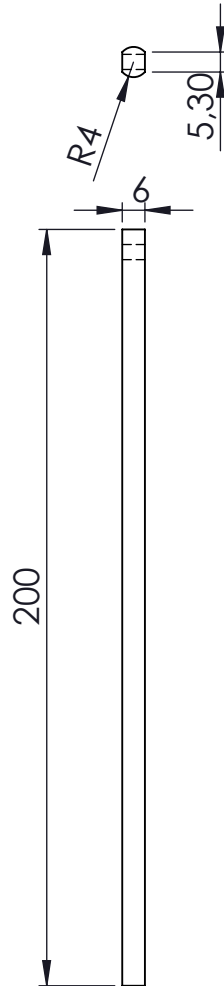
			Universidade do Minho	Suporte Sensor						
Verif.										
1:1	Fixação direita									
				Substituir:						
				Substituído por:						



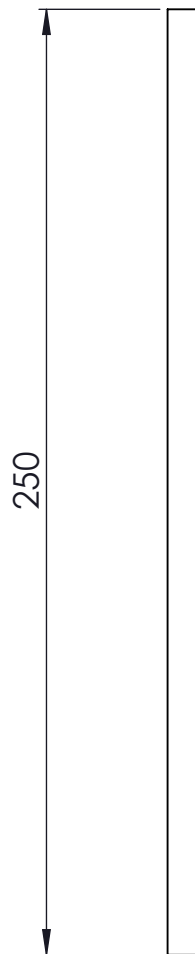
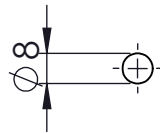
			Universidade do Minho	Suporte Sensor						
Verif.										
1:1	Fixação esquerda									
				Substituir:						
				Substituído por:						



			Universidade do Minho	Suporte Sensor									
Verif.													
1:1	Suporte SensorLaser												
				Substituir:									
				Substituído por:									

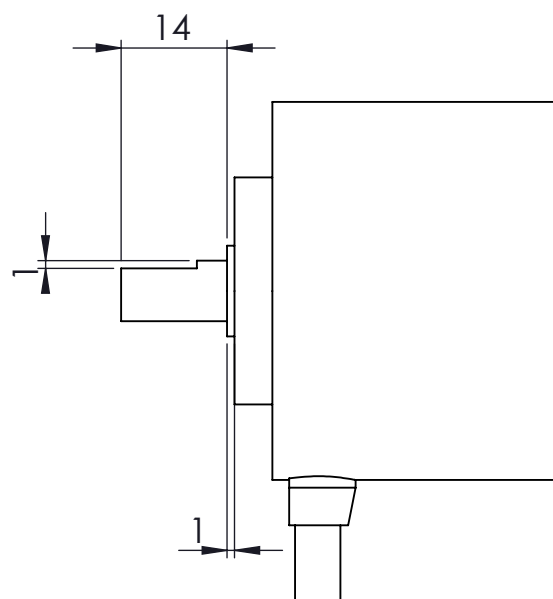
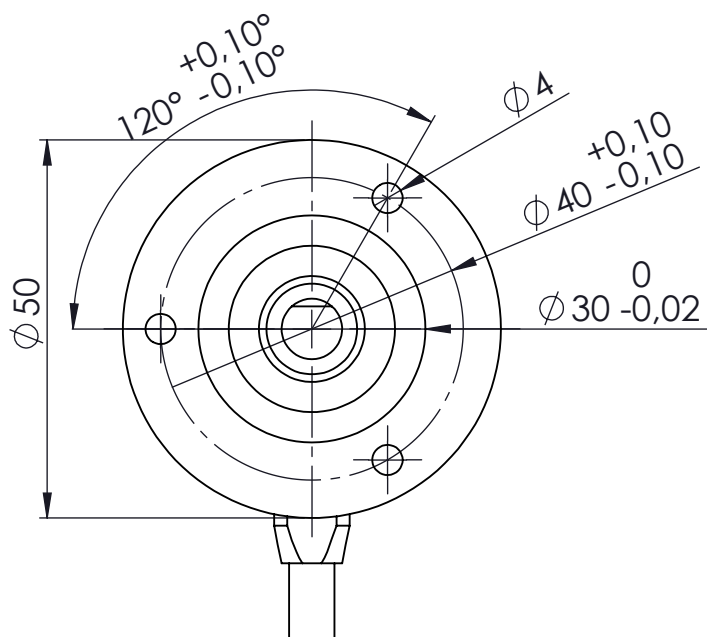
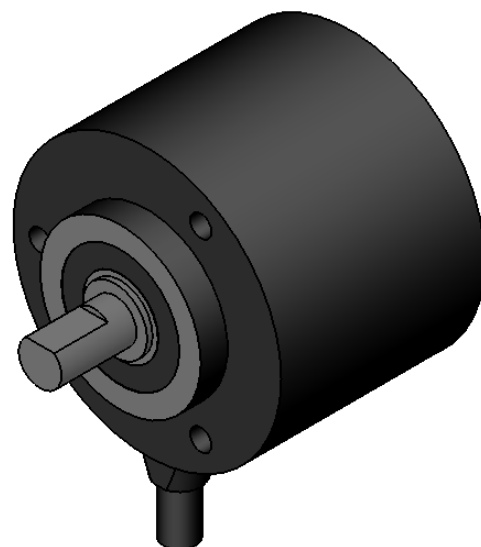
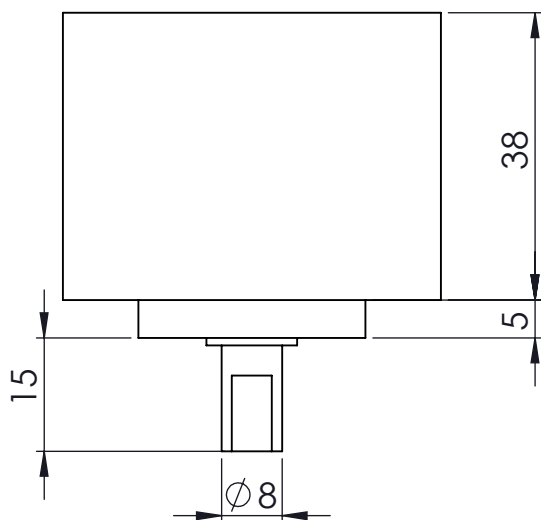


			Universidade do Minho	Suporte Sensor								
Verif.												
1:2	Veio Central											
				Substituir:								
				Substituido por:								

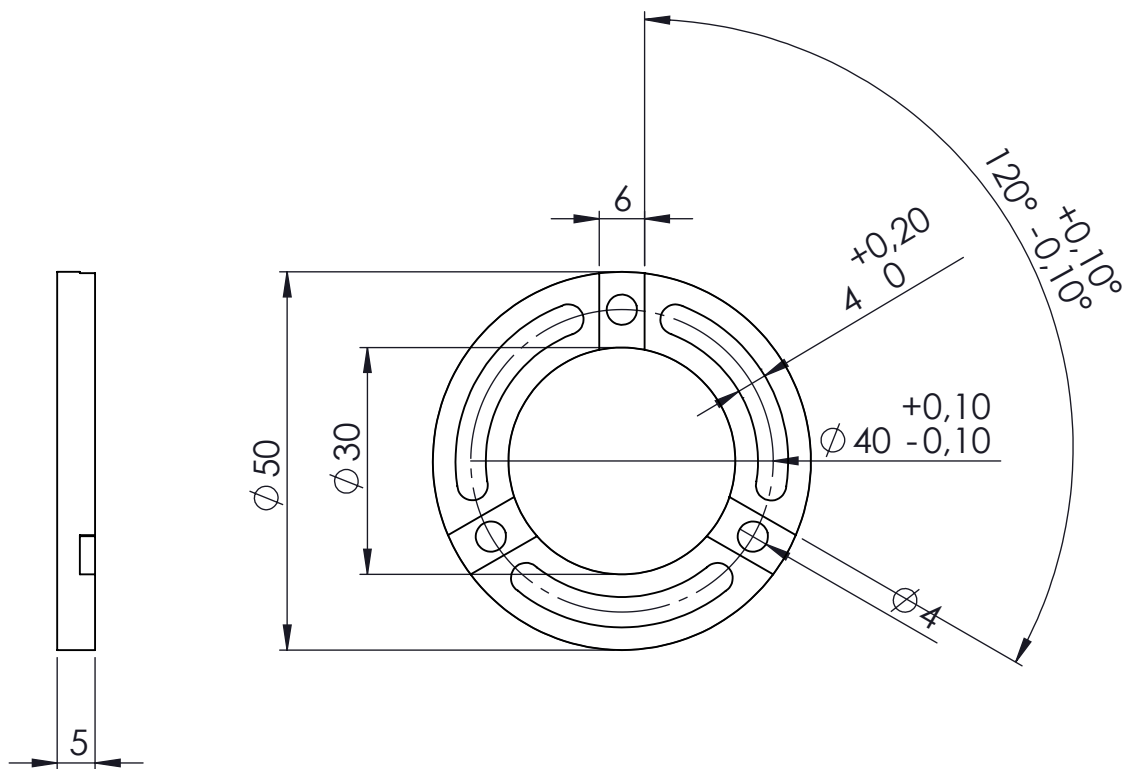


			Universidade do Minho	Suporte Sensor							
Verif.											
1:1	Veio Fixo										
				Substituir:							
				Substituído por:							

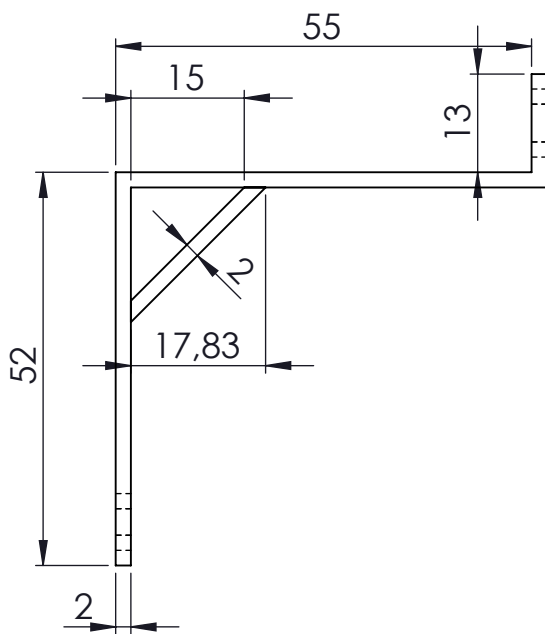
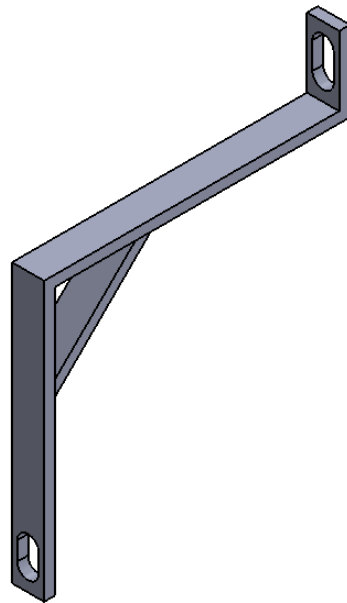
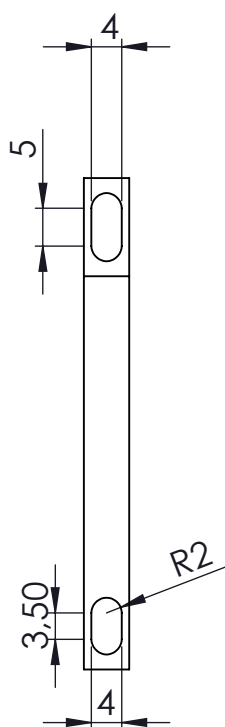
ANEXO B - ENCODER E ESTRUTURA DE SUPORTE



			Universidade do Minho	Suporte Encoder						
Verif.										
1:1	Encoder Absoluto E6C3 AG5B									
				Substituir:						
				Substituido por:						

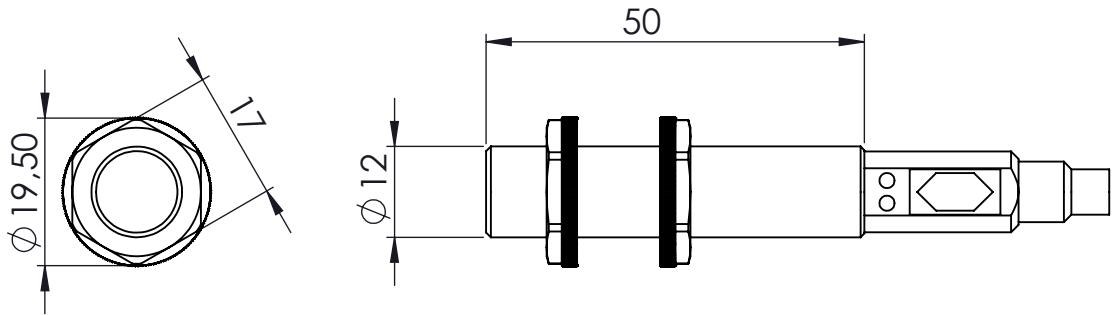
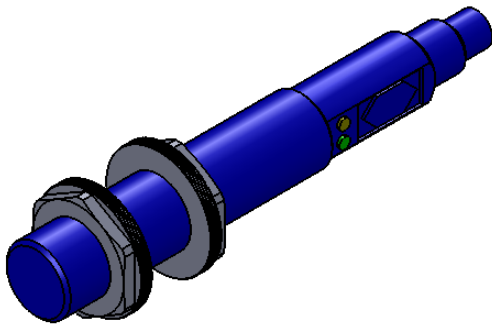


Substituir:
Substituido por:

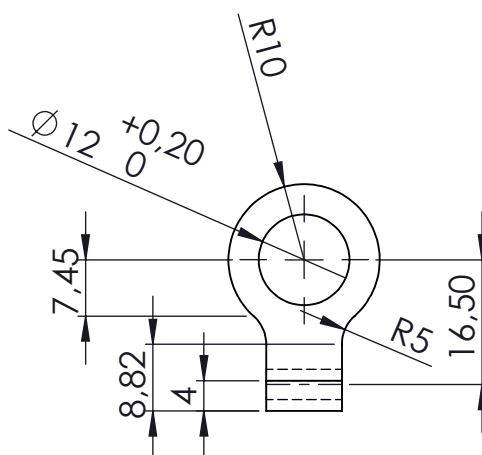
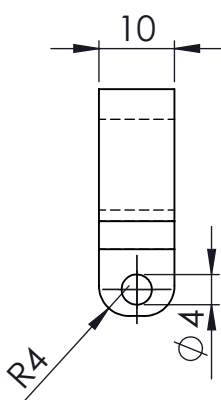
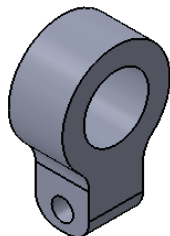


			Universidade do Minho	Suporte Encoder						
Verif.										
1:1	Tripé									
				Substituir:						
				Substituído por:						

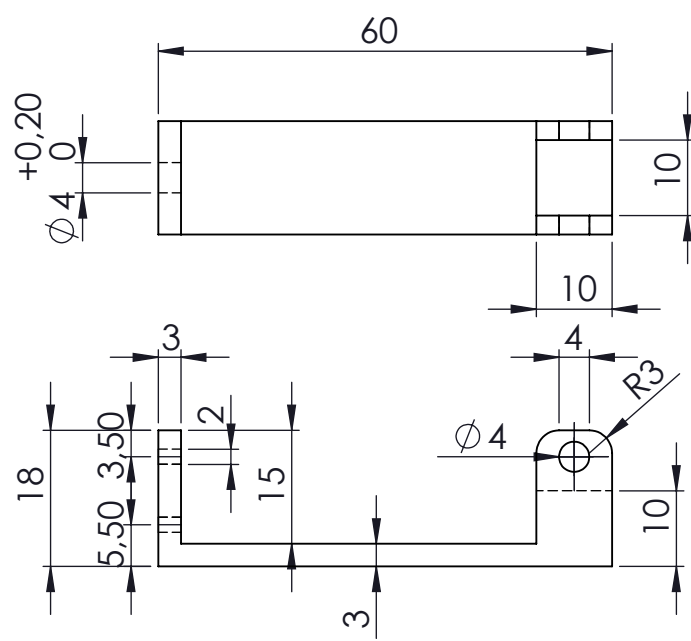
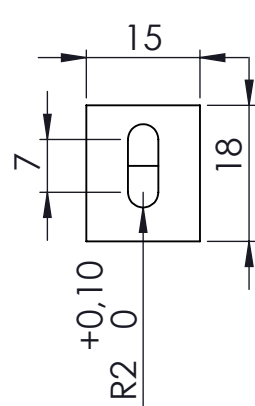
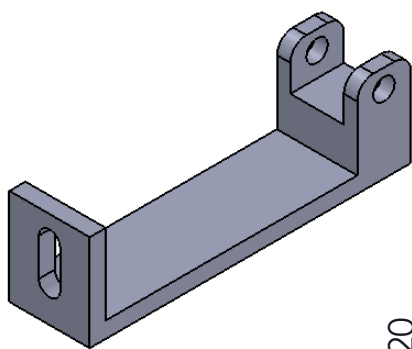
ANEXO C - SENSOR CAPACITIVO E ESTRUTURA DE SUPORTE



			Universidade do Minho	Sensor Capacitivo							
Verif.											
1:1	Sensor Capacitivo CM12										
				Substituir:							
				Substituído por:							

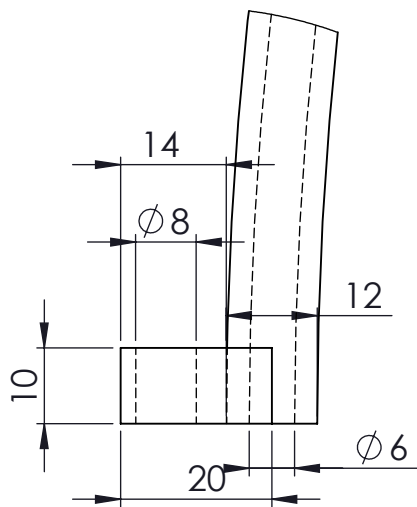
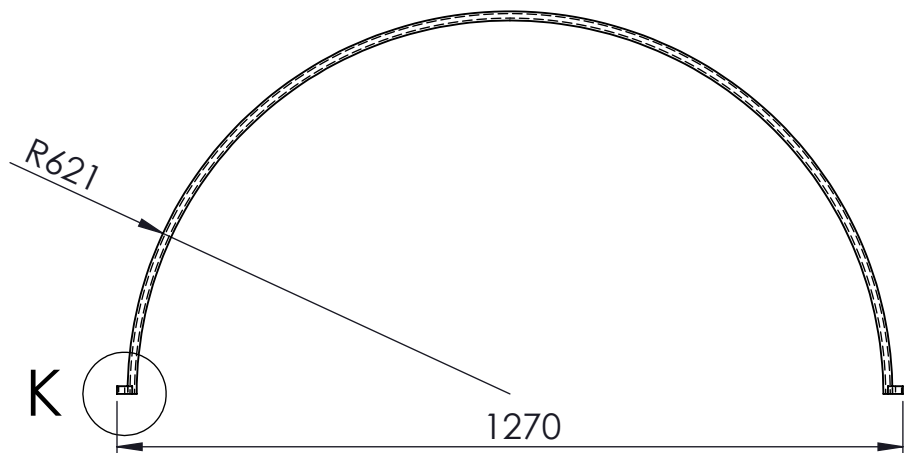
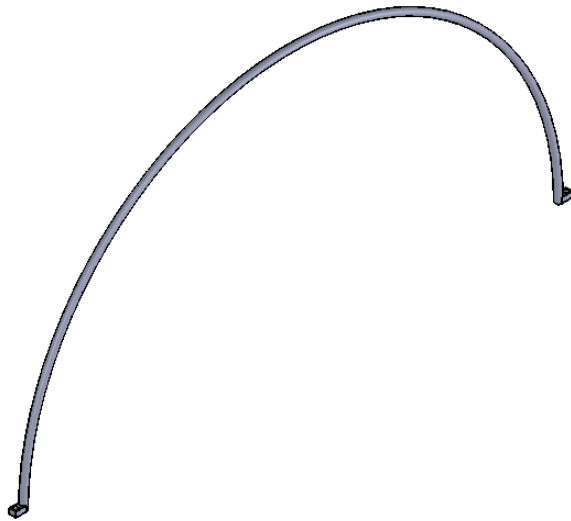


			Universidade do Minho	Suporte Sensor					
Verif.									
1:1	Fixação direita								
				Substituir:					
				Substituído por:					



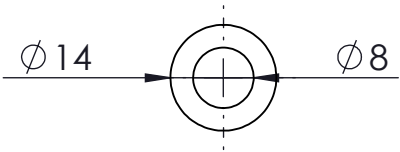
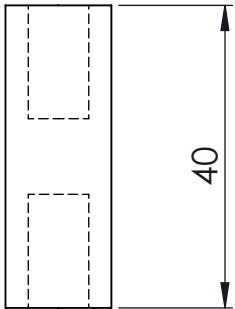
			Universidade do Minho	Suporte Sensor						
Verif.										
1:1	Fixação Corpo 1 - Máquina									
				Substituir:						
				Substituído por:						

ANEXO D - ARO DE CONTACTO



DETAIL K

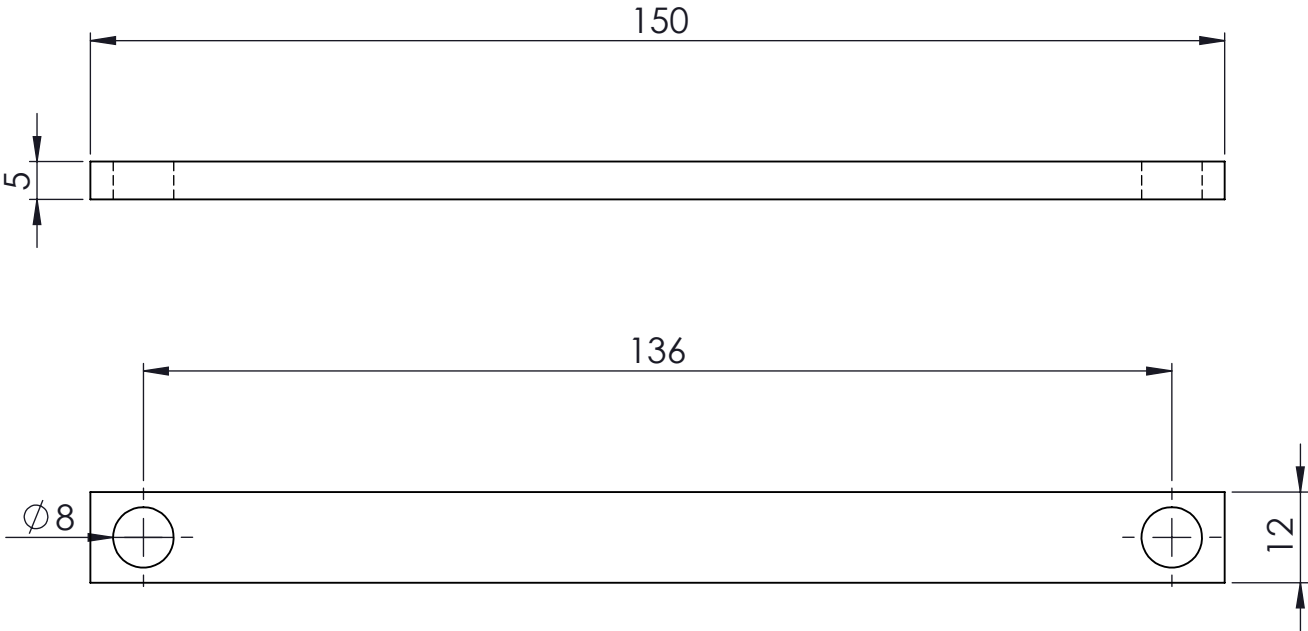
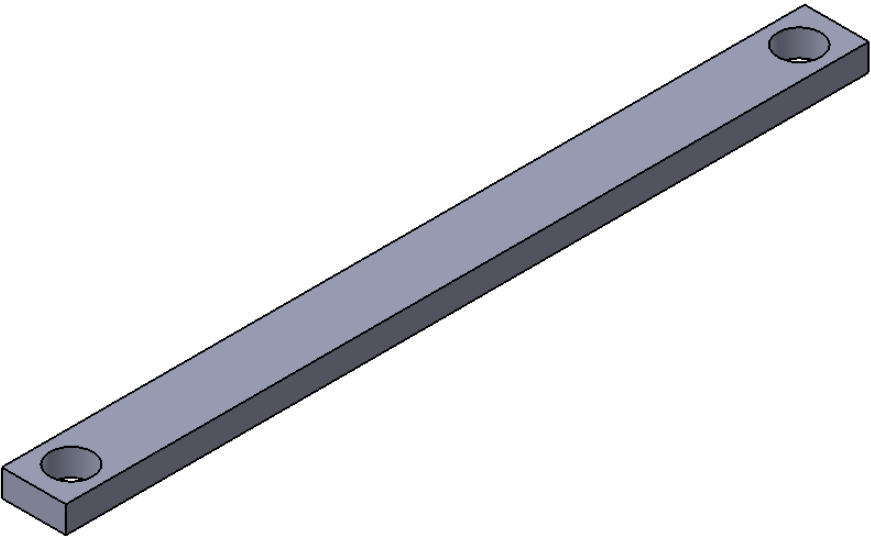
			Universidade do Minho	Aro de Contacto						
QTD	2									
Verif.										
1:5	Aro de Contacto									
K										
1:1										
				Substituir:						
				Substituido por:						



			Universidade do Minho	Aro de Contacto						
QTD	2									
Verif.										
1:1	União Isolante									
				Substituir:						
				Substituído por:						



Substituir:
Substituido por:











			Universidade do Minho	Aro de Contacto						
QTD	2									
Verif.										
1:1	Barra de fixação									
				Substituir: Substituído por:						

ANEXO E - QUEBRA TEIAS E LAMELAS




E.1 – QUEBRA-TEIAS

TABLE FOR DETERMINATION OF THE MOST SUITABLE
WARP STOP MOTION (KFW)


Type	Contact bars						Connecting parts		Warp application			
	Number 	Width  mm	Height  mm	Pitch  mm	Warp passage  mm	Interrupted 	LED 	Socket 	Spun yarns	Filament Yarns	High-density filament yarns	Terry
KFW 5600	6	4	23	25	18/24/30		•		•	•		
KFW 5620	6	4	23	25	18/24/30	•	•		•	•		
KFW 5601	6	4	23	25	18/24/30			•	•	•		
KFW 5621	6	4	23	25	18/24/30	•		•	•	•		
KFW 5800	8	3.4	13	16	16		•				•	
KFW 5820	8	3.4	13	16	16	•	•				•	
KFW 5801	8	3.4	13	16	16			•			•	
KFW 5821	8	3.4	13	16	16	•		•			•	
KFW 4200-1	2	4	23	30	20			•				•
KFW 4220-1	2	4	23	30	20	•		•				•
KFW 4200-2	2	4	23	30	14			•				•
KFW 4220-2	2	4	23	30	14	•		•				•

E.2 – LAMELAS

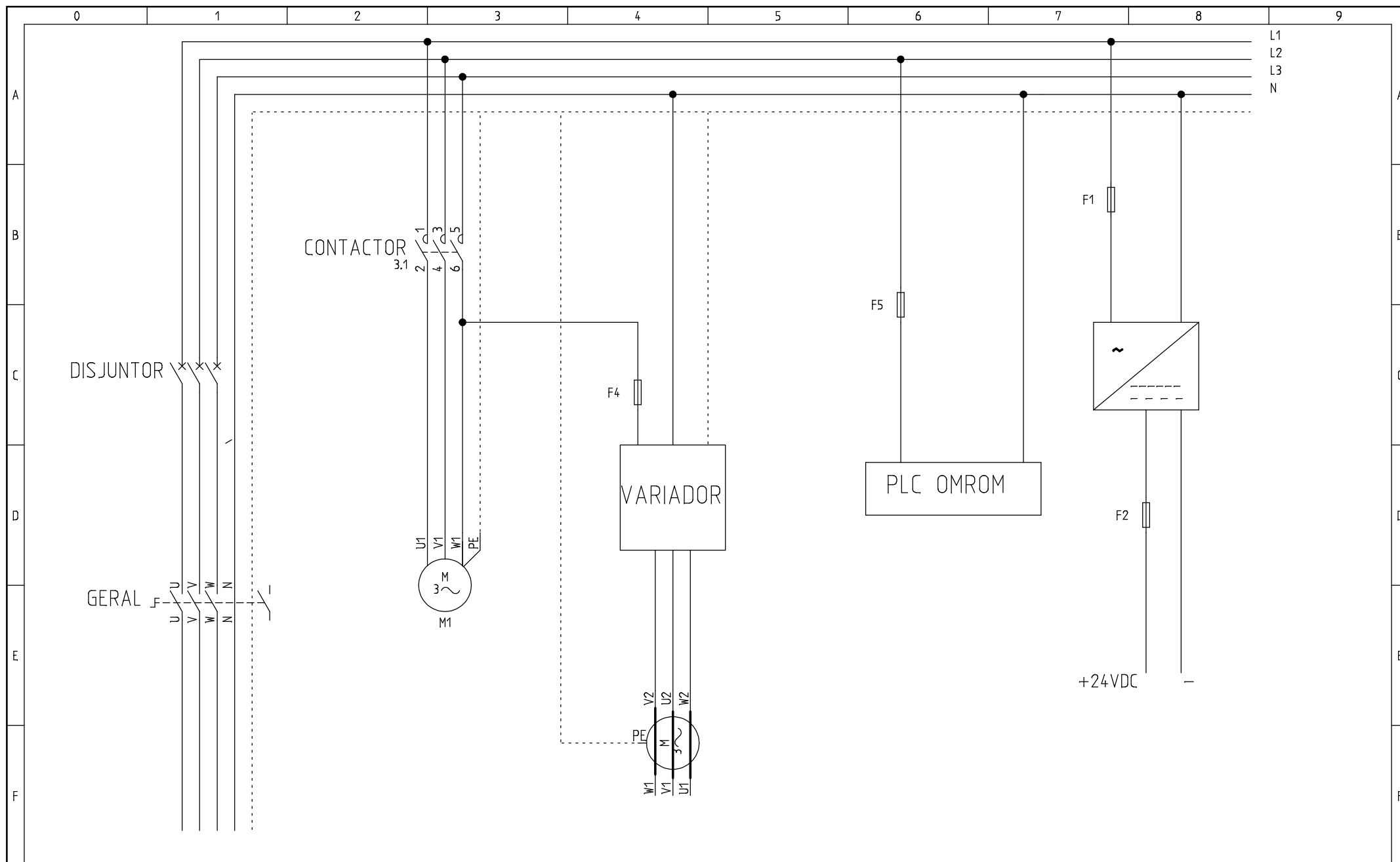
Lamelas ISO 1150

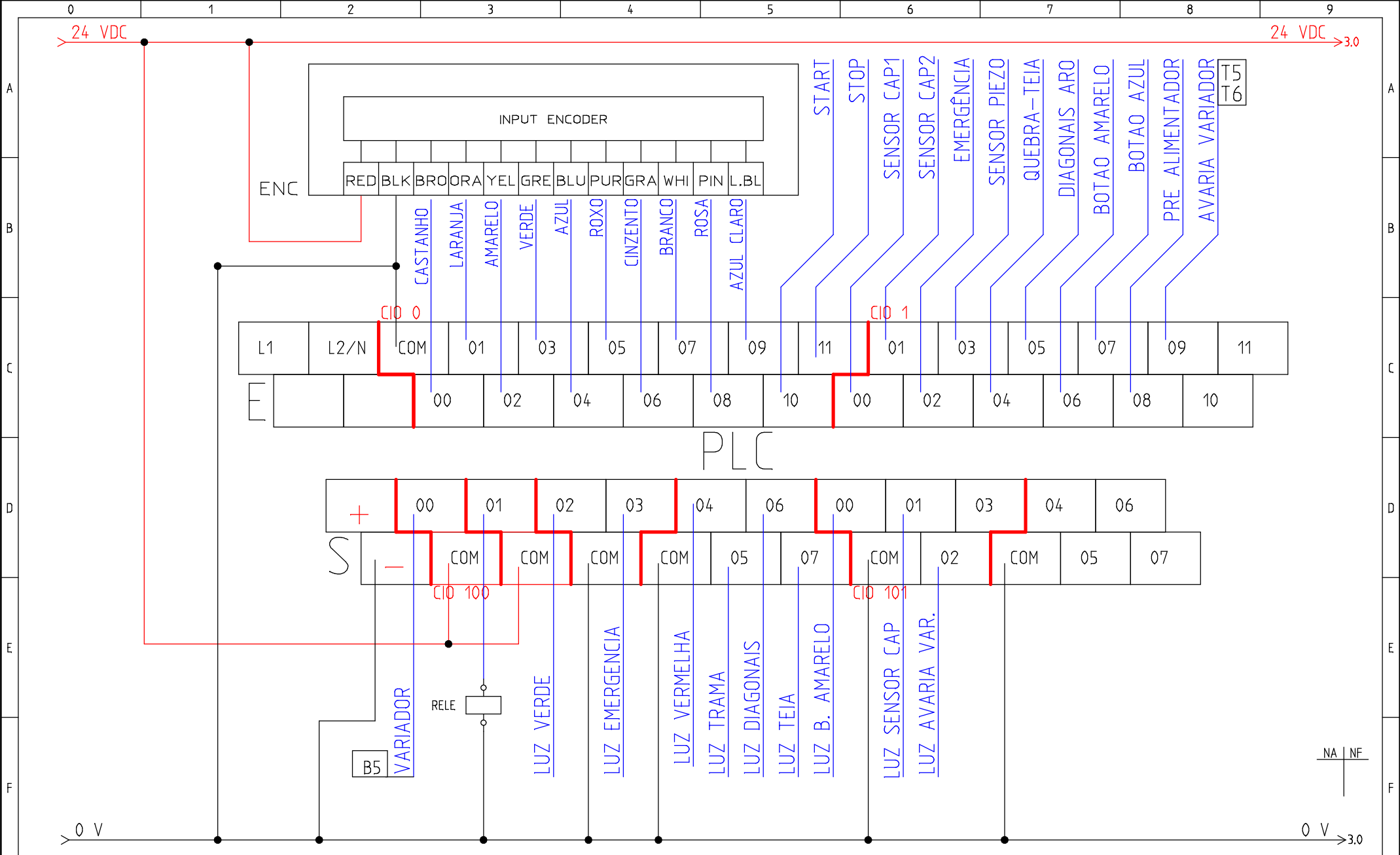
1								
Designação dos tipos	Comprimento L mm	Largura b mm	Espessura s mm	Comprimento L1 mm	Peso g			
EGU 1809 EX EGU 1809 AMEX 1-2	145	11	0,2	65	1,9		EX	
			0,3		2,9			
			0,4		3,8			
			0,5		4,8			
EGU 1810 EX EGU 1810 AMEX 1-2	165	11	0,2	65	2,2			
			0,3		3,3			
			0,4		4,4			
			0,5		5,5			
			0,6		6,6			
						AMEX		

Lamelas ISO 441

2						
Designação dos tipos	Comprimento L mm	Largura b mm	Espessura s mm	Comprimento L1 mm	Peso g	
EOU 1435	145	8	0,2	53	1,1	
EOU 1425	145	11	0,2	53	0,9	
			0,2		1,7	
			0,3		2,5	
			0,4		3,3	
EOU 1424	165	11	0,2	65	1,2	
			0,2		1,9	
			0,3		2,9	
			0,4		3,8	
			0,5		4,8	
EOU 1405	180	11	0,2	65	2,2	
			0,3		3,3	
			0,4		4,4	
			0,5		5,5	
			0,6		6,6	

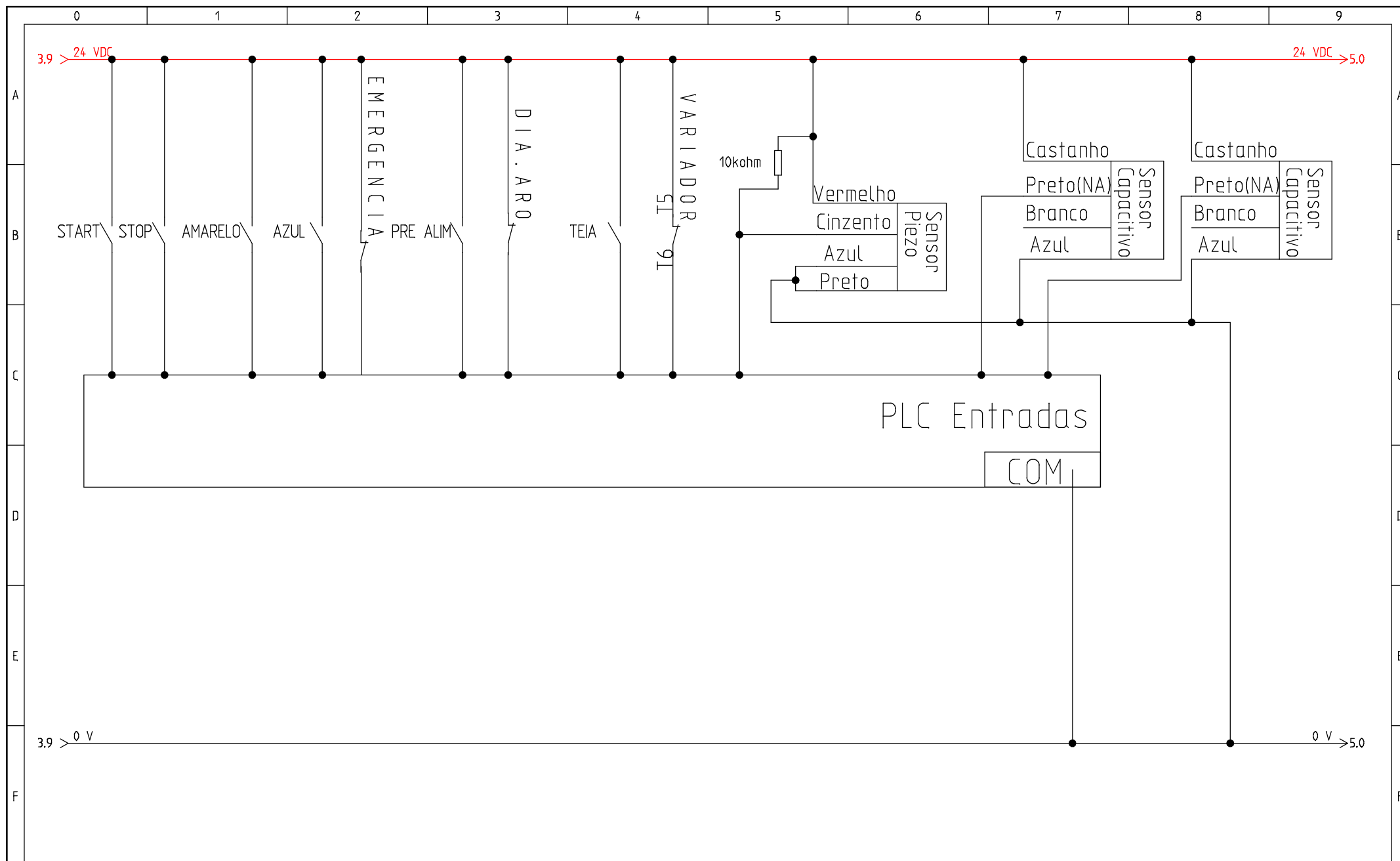
ANEXO F - ESQUEMA ELÉTRICO







Projeto:	Desenho:	Inic.:	Rev.:	Folha:
ESQUEMA_ELETRICO				3
Data:	Equipamento:	Local:	Total:	Próxima:
09/10/2013	=	+	5	4



ANEXO G - INTERRUPTOR DE CORTE GERAL

INTERRUPTOR ROTATIVO DE CORTE GERAL

Ficha de produto

Características

K2D004HCH

interruptor de came - 4 pólos - 90° - 20 A - para
Ø 22 mm

Preço*: 24.57 EUR



principal

Commercial Status	Commercialised
Gama de produtos	Harmony K
Tipo de produto ou componente	Interruptor de came completo
Nome do componente	K2
[Ith] corrente térmica ao ar livre convencional	20 A
Montagem do produto	Montagem frontal
Modo de fixação	Orifício de Ø 22 mm
Tipo de cabeça de interruptor de came	Com placa frontal 45 x 45 mm
Tipo de operador	Preto manípulo, comprimento = 35 mm
Encravamento do manípulo rotativo	Sem
Apresentação da legenda	Com metálico legenda, 0 - 1 preto marcação
Função de interruptor de came	Interruptor
Retorno	Sem
Posição de desligado	Com posição off
Descrição dos pólos	4P
Posições de comutação	Direita: 0° - 90°
Grau de protecção IP	IP65 em conformidade com NF C 20-010 IP65 em conformidade com IEC 529

ANEXO H - DISJUNTOR

DISJUNTOR

Ficha técnica de produto
NFT820

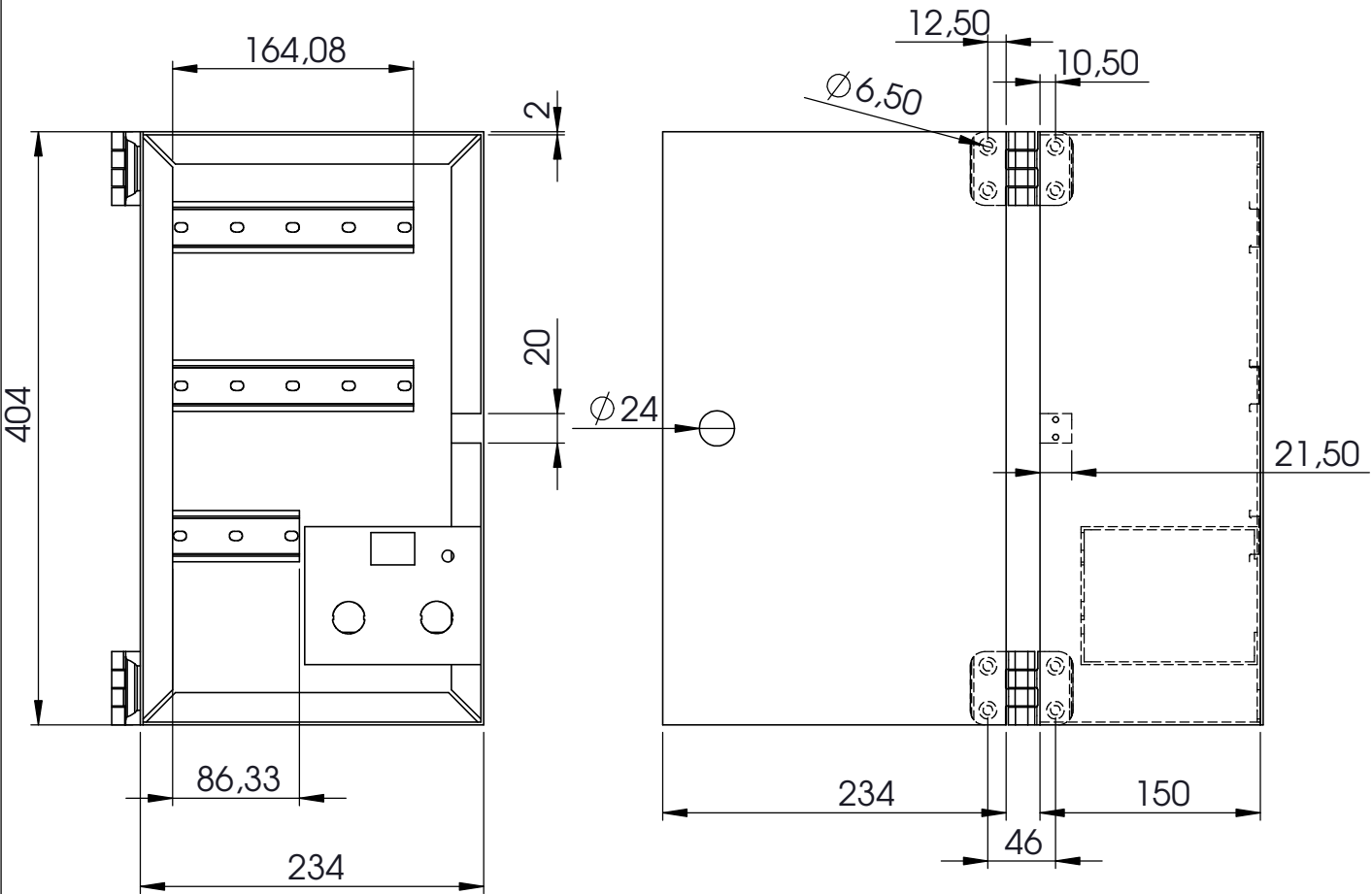
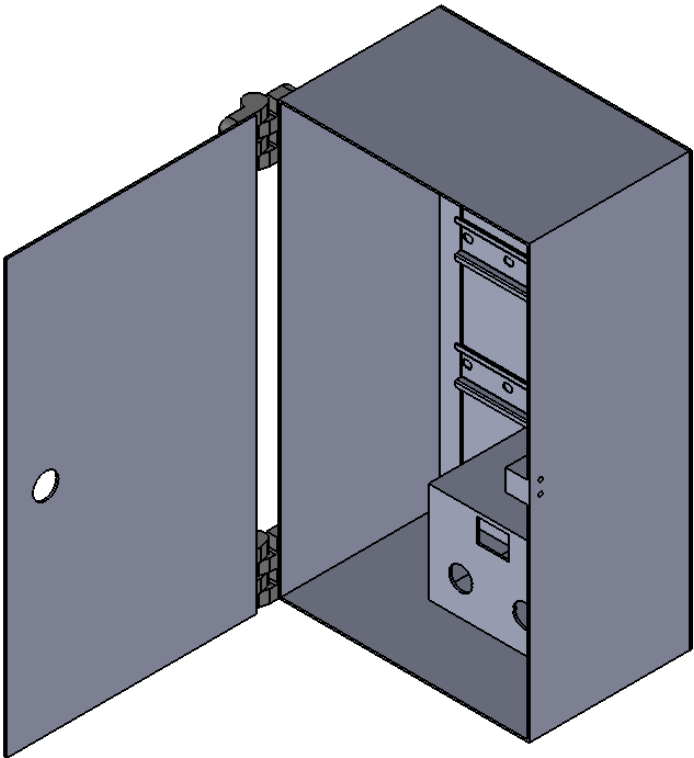
:hager



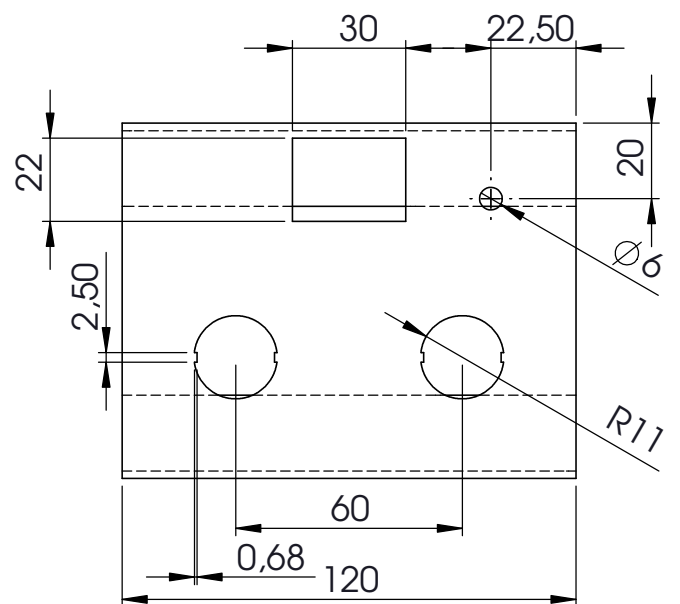
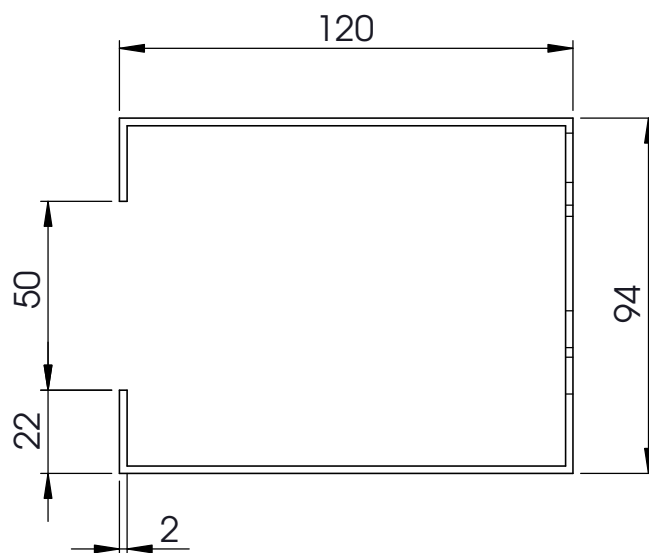
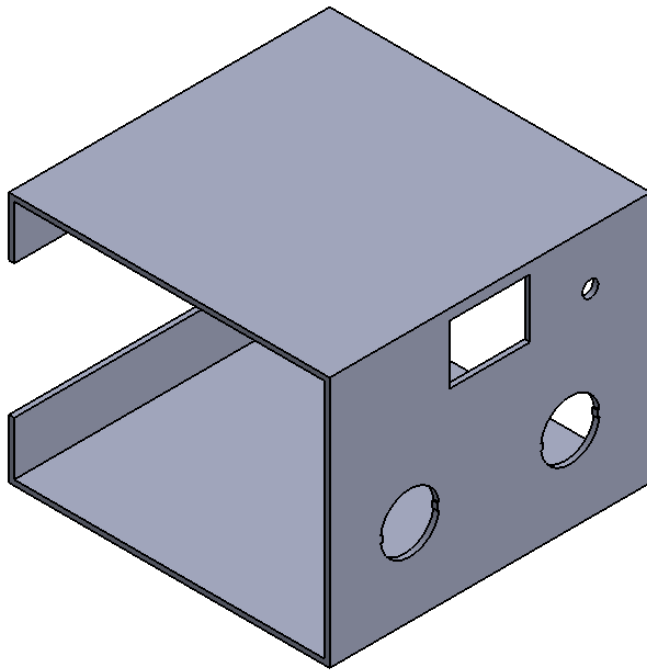
Disjuntor 3P+N 20A C 6/10KA 3M

Propriedades técnicas	
Intensidade nominal	20 A
Poder de corte estipulado	6 kA
Curva	C
Tensão alternada estipulada de utilização	400/415 V
Frequência de funcionamento	50/60 Hz
Poder de corte de serviço conforme EC 947.2 50Hz	75 %
Poder de corte de serviço conforme EN60898	6 kA
Nº de módulos	3
Nº de pólos	4 P
Temperatura de funcionamento	-25 a 60 °C

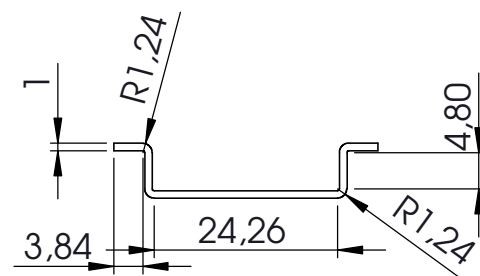
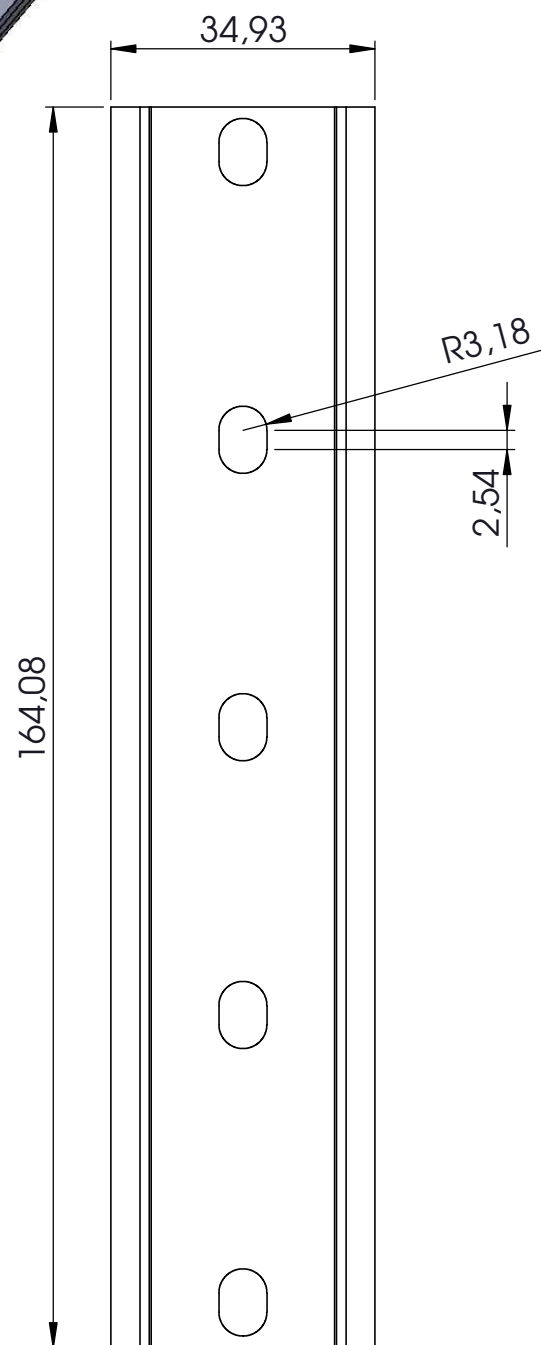
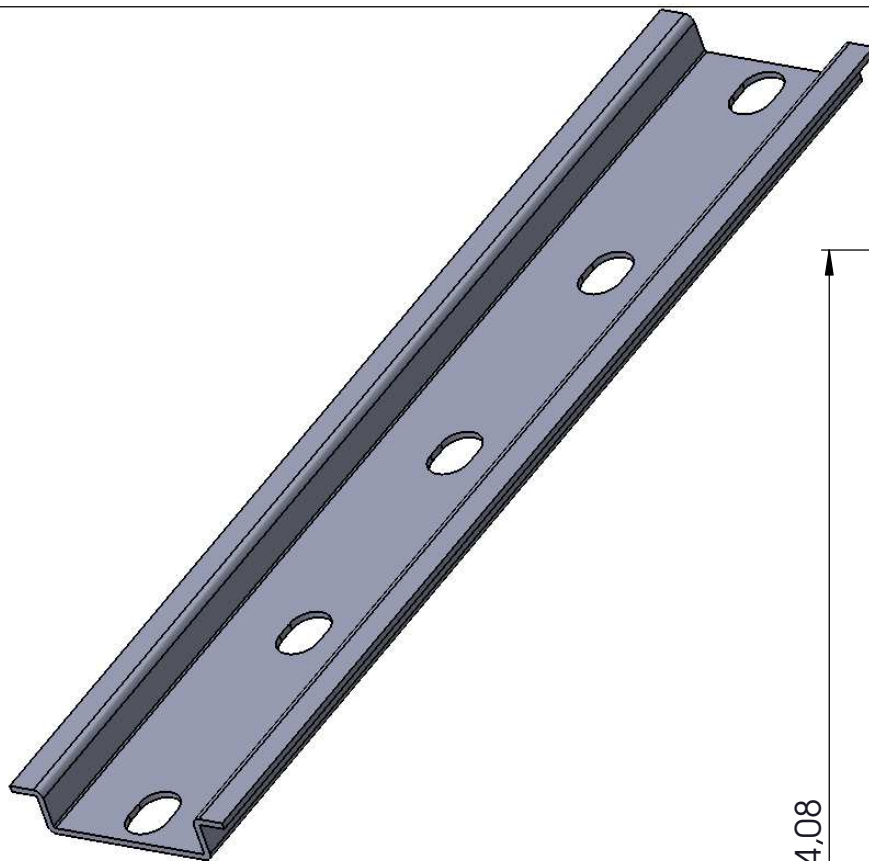
ANEXO I - QUADRO ELÉTRICO



			Universidade do Minho	Quadro Elétrico									
Verif.													
1:5	Armário												
				Substituir:									
				Substituído por:									

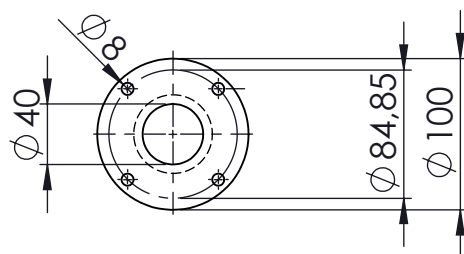
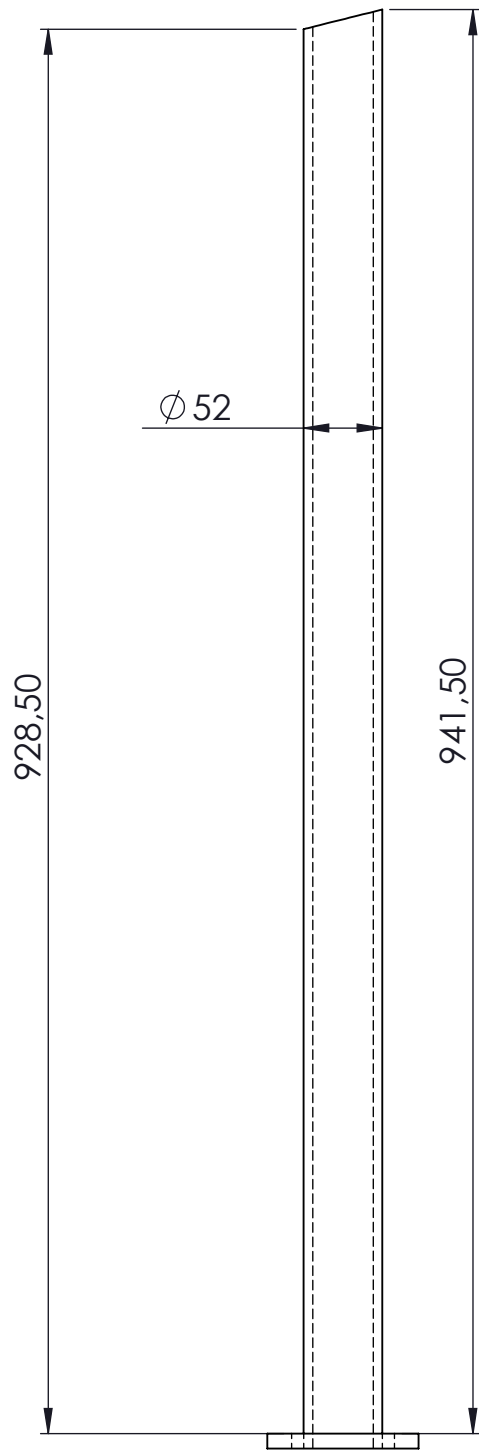


			Universidade do Minho	Quadro Eletrico						
Verif.										
1:2	Suporte do corte geral, botao azul, interrutor duplo e potenciometro									
				Substituir:						
				Substituido por:						



			Universidade do Minho	Quadro Elétrico							
Verif.											
1:1	Calha Din										
				Substituir: Substituído por:							

ANEXO J - INTERFACE HOMEM-MÁQUINA



			Universidade do Minho	Interface Homem-Máquina						
Verif.										
1:5	Base									
				Substituir:						
				Substituído por:						

ANEXO K - PAINEL INFORMATIVO DA INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

LEDS 24 Vcc

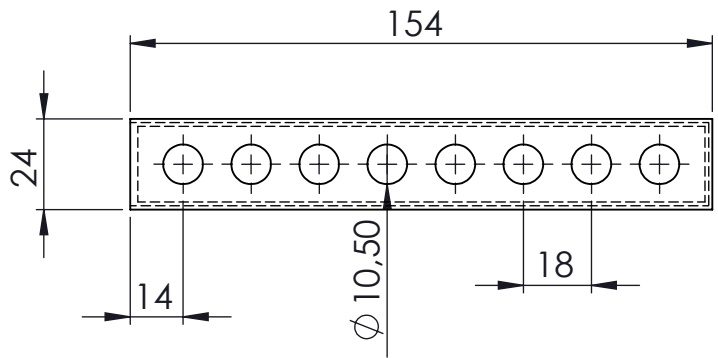
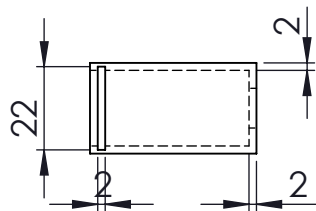
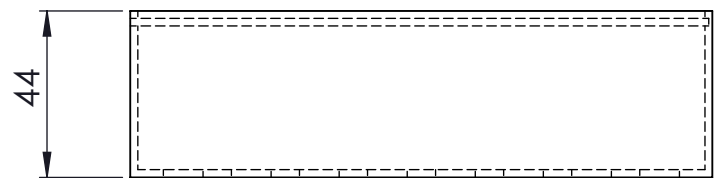
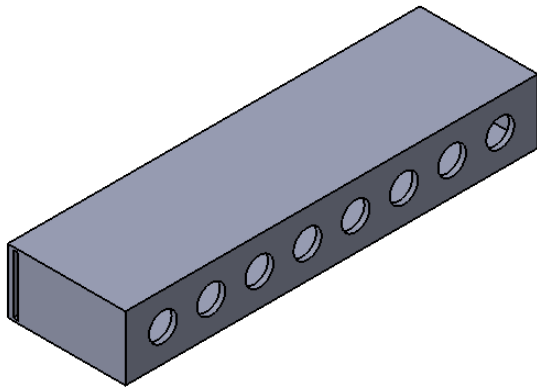
Harmony LED pilot lights Ø 8 and 12

XVL

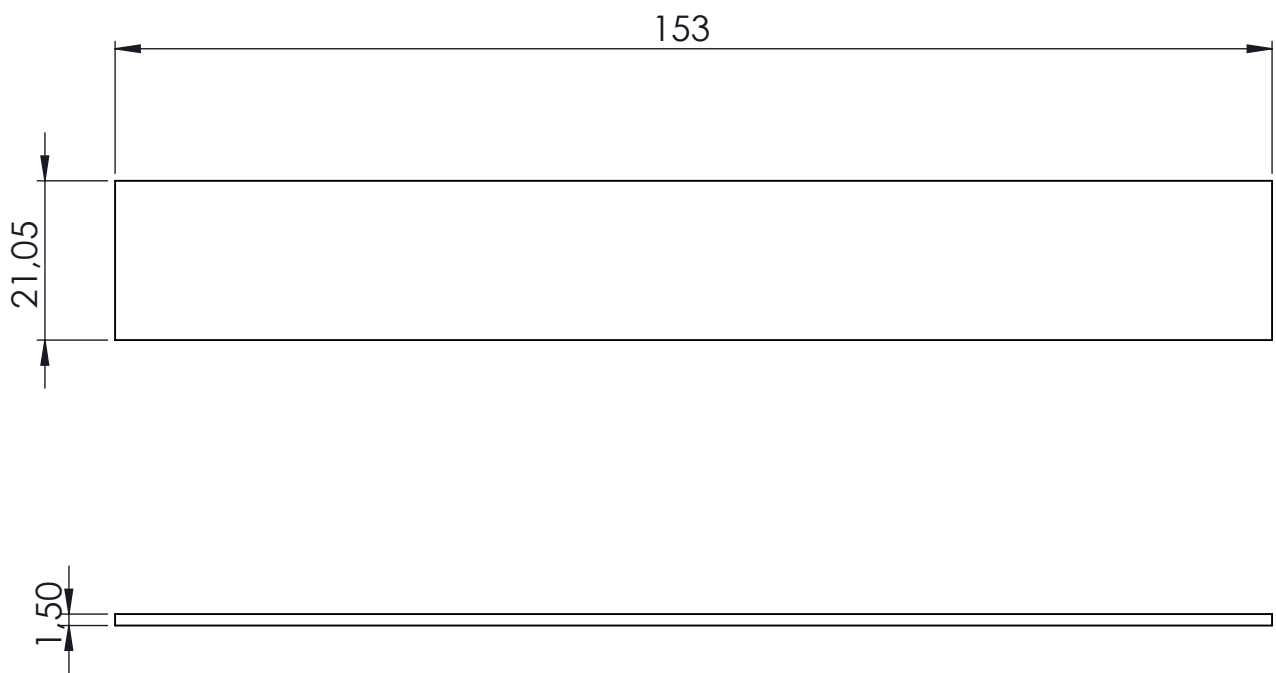
Voltage	Number (●)
5 V (25 mA)	1
12 V (18 mA)	2
24 V (18 mA)	3
48 V (10 mA)	4



LED pilot lights		With black bezel	With integral lens cap	
Type of head		Protruding LED, Ø 8 mm	Covered LED, Ø 8 mm	Covered LED, Ø 12 mm
Degree of protection		IP 40, IP 65 with seal (2)		
Mounting (mm)	panel cut-out	Ø 8.2 mm	Ø 8.2 mm	Ø 12.2 mm
	mounting centres	12.5 x 12.5 mm	10.5 x 10.5 mm	16.5 x 16.5 mm
Dimensions (mm)	Ø x Depth (below head)	Ø 12 x 32	Ø 10 x 34	Ø 16 x 45
Connection		Tags (3)	Tags (3)	Threaded connectors
References (1)	green ●	XVLA1●3	XVLA2●3	XVLA3●3
	red ●	XVLA1●4	XVLA2●4	XVLA3●4
	yellow ●	XVLA1●5	XVLA2●5	XVLA3●5
Tightening key		For Ø 8 mm pilot lights		For Ø 12 mm pilot lights
References		XVLX08		XVLX12



			Universidade do Minho	Painel Informativo						
Verif.										
1:1	Caixa Leds									
				Substituir:						
				Substituido por:						



			Universidade do Minho	Painel Informativo						
Verif.										
1:1	Tampa da caixa de Leds									
				Substituir:						
				Substituido por:						